

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**JOERBED DOS SANTOS GONÇALVES**

**SOFTWARES EDUCACIONAIS APLICADOS AO ENSINO DE FÍSICA: uma proposta**  
didática para o ensino do oscilador harmônico

**São Luís - MA**

**2018**

**JOERBED DOS SANTOS GONÇALVES**

Área de Concentração: Física na Educação Básica

**SOFTWARES EDUCACIONAIS APLICADOS AO ENSINO DE FÍSICA:** uma proposta didática para o ensino do oscilador harmônico

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física pelo UFMA, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Processos de ensino e aprendizagem e tecnologias de informação e comunicação no Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Karla Cristina Silva Sousa

**São Luís - MA**

**2018**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Goncalves, Joerbed dos Santos.

Softwares educacionais aplicados ao Ensino de Física: uma proposta didática para o ensino do oscilador harmônico / Joerbed dos Santos Goncalves. - 2018.

219 p.

Coorientador(a): Karla Cristina Silva Sousa.

Orientador(a): Edson Firmino Viana de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/ccet, Universidade Federal do Maranhão, UFMA, 2018.

1. Ensino de Física. 2. Oscilador harmônico. 3. Sequência de Ensino Investigativa. 4. Softwares Educacionais Modellus. I. Carvalho, Edson Firmino Viana de. II. Sousa, Karla Cristina Silva. III. Título.

**JOERBED DOS SANTOS GONÇALVES**

**SOFTWARES EDUCACIONAIS APLICADOS AO ENSINO DE FÍSICA:** uma proposta  
didática para o ensino do oscilador harmônico

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física pelo UFMA, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em     /     /

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho (Orientador)

Doutor em Física

Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Karl Marx Silva Garcez

Doutor em Física

Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Hênio Henrique Aragão Rêgo

Doutor em Física

Instituto Federal do Maranhão

A Deus, inteligência suprema e causa primária de todas as coisas.  
A minha família, pelo apoio e incentivo constante ao acreditar no meu  
potencial.  
À Gabrielly, esposa e amiga nas madrugadas de construção deste  
trabalho.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Maranhão, ao considera-la uma segunda casa de acolhimento à aprendizagem.

À coordenação do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Aos professores do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física polo 47/UFMA, em especial ao professor Dr. Edson Firmino por ser um amigo verdadeiro e orientador.

À Casa do Estudante Universitário (CEUMA) pelo acolhimento durante este processo.

Ao professor José Oton Pires por proporcionar meu acesso à Universidade Federal do Maranhão.

À professora Dra. Karla Sousa pelas orientações constantes no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os colegas do curso pela amizade e auxílio nas tarefas desenvolvidas no curso, em especial a Gladstone Xavier e Arimael Silva.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste Trabalho.

## RESUMO

Uma das principais dificuldades que encontramos no ensino da Física, no Ensino Médio, está em como ensinar para que os alunos sejam estimulados a aprender e desenvolver sua aprendizagem de forma autônoma. Nesta perspectiva, decidimos verificar evidências de aprendizagem significativa em uma abordagem metodológica para o ensino do Oscilador Harmônico, associando, assim, o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) em conteúdos de Física. O procedimento metodológico adotado nesta pesquisa consiste na construção de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) juntamente com uma modelagem para simular o movimento do pêndulo simples e o sistema massa-mola através do *software* educacional Modellus. Para a fundamentação teórica a respeito do processo de investigação da aprendizagem do aluno, baseou-se na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (2003), Carvalho (2013), Moreira (2011), Vigotsky (1984) e de outros pesquisadores da corrente construtivista. A aplicação da SEI se deu em circunstâncias diferentes, que são: após uma aula tradicional e após a utilização do *software* educacional. A construção e aplicação da SEI foi realizada na turma 203 da segunda série do ensino médio da escola José de Anchieta, localizada na cidade de Pinheiro, município do Maranhão. O levantamento dos dados obtidos na pesquisa mostra que a metodologia proposta proporciona maior interação entre os alunos e também uma significativa melhora em suas predisposições para aprender. Desta forma, esta pesquisa que a prática foi potencialmente significativa para esses alunos, pois lhes proporcionaram o contato com teorias e práticas em tecnologias educacionais para a aprendizagem ativa de conceitos relacionados a osciladores harmônicos.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Sequência de Ensino Investigativa. *Software* educacional Modellus. Oscilador harmônico.

## ABSTRACT

One of the main difficulties that we find in Physics teaching in High School is how to teach students to be stimulated to learn and develop their learning autonomously. In this perspective, we decided to verify evidence of significant learning in a methodological approach to the teaching of Harmonic Oscillator, thus associating the use of Information and Communication Technologies (ICT) in Physics contents. The methodological procedure adopted in this research consists of the construction of an Investigative Teaching Sequence (SEI) together with a modeling to simulate the movement of the simple pendulum and the mass-spring system through the Modellus educational software. For the theoretical foundation regarding the research process of student learning, it was based on the theory of significant learning of David Ausubel (2003), Carvalho (2013), Moreira (2011), Vigotsky (1984) and other researchers of the current constructivist. The application of the SEI occurred in different circumstances, which are: after a traditional classroom and after the use of educational software. The construction and application of the SEI was carried out in class 203 of the second high school series of the José de Anchieta school, located in the city of Pinheiro, municipality of Maranhão. The survey data show that the proposed methodology provides greater interaction among students and also a significant improvement in their predispositions to learn. In this way, this research that practice was potentially significant for these students, because they provided them the contact with theories and practices in educational technologies for the active learning of concepts related to harmonic oscillators.

**Keywords:** Physics teaching. Sequence of Investigative Teaching. Modellus educational software. Harmonic Oscillator.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A evolução das ferramentas de simulação computacional. ....	23
Figura 2 – Interface do <i>Modellus</i> para o pêndulo simples.....	32
Figura 3 – A interface do <i>Modellus</i> para Oscilador Harmônico Simples (OHS).....	33
Figura 4 – Mapa conceitual do <i>Modellus</i> .....	34
Figura 5 – Percentagem de respostas corretas em cada item no pré e no pós-teste. ....	36
Figura 6 – Uma partícula oscila repetidamente para a direita e para a esquerda da origem do eixo $x$ , entre os pontos extremos $+xm$ e $-xm$ . ....	38
Figura 7 – Parâmetros de uma função ondulatória .....	39
Figura 8 – Movimento de uma partícula para esquerda e para direita em um movimento harmônico simples.....	40
Figura 9 – Gráfico do movimento periódico, com período $T$ da partícula oscilante.....	40
Figura 10 – Gráfico da velocidade da partícula oscilando entre os pontos máximo e mínimo de sua amplitude.....	41
Figura 11 – Valores de $\varphi$ correspondentes as várias posições da partícula no instante $t = 0$ ..	41
Figura 12 – (a) O deslocamento $x(t)$ de uma partícula que executa um MHS com ângulo de fase $\varphi$ igual a zero. O período $T$ corresponde a uma oscilação completa. (b) A velocidade $v(t)$ da partícula. (c) A aceleração $a(t)$ da partícula.....	43
Figura 13 – Oscilador harmônico linear simples.....	45
Figura 14 – Aproximação parabólica de um potencial arbitrário nas proximidades de um mínimo local.....	48
Figura 15 - Molécula de etanol representando seus modos vibracionais em torno da sua posição de equilíbrio. As setas indicam a orientação das oscilações de cada átomo. ....	48
Figura 16 – (a) Variação da energia cinética e potencial em relação ao tempo. (b) Variação da amplitude de Oscilação. Ambos para um oscilador harmônico linear. ....	49
Figura 17 – Pêndulo Simples.....	50
Figura 18 – Componente das forças no Pêndulo Simples .....	51
Figura 19 – Um corpo rígido simples, livre para girar em torno de um eixo que passa por $O$ , é formado por uma partícula de massa $m$ presa na extremidade de uma barra de comprimento $r$ e massa desprezível. A aplicação de uma força $F$ faz o corpo girar. ....	52

Figura 20 – O objetivo da experiência de Foucault.....	86
Figura 21 – A importância da experiência de Foucault.....	86
Figura 22 – O período de oscilação do pêndulo de Foucault. ....	86
Figura 23 – Descobrimo o período de rotação da Terra. ....	87
Figura 24 – Conceituando período e frequência.....	89
Figura 25 – Medindo o período de rotação do pêndulo de Foucault.....	90
Figura 26 – Medindo o período de rotação do pêndulo de Foucault.....	90
Figura 27 – Relacionando frequência e período.....	90
Figura 28 – Calculando o número de oscilações do pêndulo na superfície da Terra. ....	93
Figura 29 – Calculando o número de oscilações do pêndulo na superfície da Lua.....	93
Figura 30 – Calculando o número de oscilações de um pêndulo. ....	94
Figura 31 – Comparação do período de oscilação do pêndulo dada pelo aluno A1.....	96
Figura 32 – Comparação do período de oscilação do pêndulo.....	96
Figura 33 – Conceituando frequência e amplitude de oscilação. ....	99
Figura 34 – Descrevendo o significado físico da constante elástica da mola.....	99
Figura 35 – Caracterizando a constante elástica da mola do amortecedor de um veículo. ....	99
Figura 36 – Calculando as componentes das forças que agem em um sistema massa-mola. ....	102
Figura 37 – Calculando a constante elástica da mola.....	102
Figura 38 – Identificando a amplitude de oscilação da mola. ....	102
Figura 39 – A não relação entre período e amplitude.....	104
Figura 40 – Calculando o período de oscilação de uma sistema massa-mola.....	105
Figura 41 – Variando o período de oscilação do sistema massa-mola.....	105
Figura 42 – Análise gráfica das energias que se manifestam na oscilação da mola.....	105

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Identificando o perfil dos alunos na segunda série do Ensino Médio.....	67
Gráfico 2 – Origem escolar dos alunos e análise de seus conhecimentos prévios em matemática no Ensino Fundamental.....	68
Gráfico 3 – Averiguando os conhecimentos do aluno em matemática e em Física no Ensino Médio.....	71
Gráfico 4 – Análise da aprendizagem significativa em Ciências Física no Ensino Médio. ....	74
Gráfico 5 – Análise do uso de <i>software</i> educacional no Ensino de Física. ....	76
Gráfico 6 – Nível de compreensão conceitual em oscilações e frequência.....	77
Gráfico 7 – Conhecimentos prévios dos alunos em período, frequência e força restauradora.	79
Gráfico 8 – Identificação dos conceitos e grandezas físicas do oscilador harmônico e seus significados.....	80
Gráfico 9 – O significado e a analogia do oscilador harmônico simples com sistemas físicos do cotidiano. ....	81
Gráfico 10 – Resultado da aplicação da primeira SEI após aula expositiva e tradicional. ....	84
Gráfico 11 – Resultado da aplicação da primeira SEI após a utilização do <i>software</i> Modellus. ....	85
Gráfico 12 – Resultado de aplicação da primeira SEI após aula expositiva e tradicional para as questões cinco e seis. ....	87
Gráfico 13 – Resultado da aplicação da primeira SEI após a aplicação do <i>software</i> Modellus. ....	89
Gráfico 14 – Resultado de aplicação da primeira SEI após aula expositiva e tradicional para a questão sete.....	91
Gráfico 15 – Resultado da aplicação da primeira SEI após a aplicação do <i>software</i> Modellus para a questão sete. ....	92
Gráfico 16 – Resultado de aplicação da primeira SEI após aula expositiva e tradicional para a questão oito.....	94
Gráfico 17 – Resultado da aplicação da primeira SEI após a aplicação do <i>software</i> Modellus para a questão oito. ....	96
Gráfico 18 – Resultado de aplicação da segunda SEI após aula expositiva e tradicional.....	97

Gráfico 19 – Resultado da aplicação da segunda SEI após aplicação do Modellus para a questão um a três. ....	98
Gráfico 20 – Resultado de aplicação da segunda SEI após aula expositiva e tradicional. ....	100
Gráfico 21 – Resultado da aplicação da segunda SEI após a funcionalidade do <i>software</i> Modellus para a questão quatro. ....	101
Gráfico 22 – Resultado de aplicação da segunda SEI após aula expositiva e tradicional para a quinta questão. ....	103
Gráfico 23 – Resultado da aplicação da segunda SEI após a aplicação do <i>software</i> Modellus para a quinta questão. ....	104
Gráfico 24 – O auxílio do <i>Software</i> Modellus no desenvolvimento da SEI e a importância do computador no desenvolvimento da aprendizagem. ....	107
Gráfico 25 – As facilidades e dificuldades de assimilação do conteúdo proposto na SEI mediante o uso da simulação computacional. ....	108
Gráfico 26 – Aplicação da SEI no Laboratório de Informática mediante o uso do <i>Software</i> Modellus. ....	109

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Histórico do uso da simulação computacional. ....	23
Quadro 2 - Evolução da aprendizagem no 9º ano do Ensino Fundamental no município de Pinheiro – Maranhão. ....	64
Quadro 3 - Evolução da aprendizagem em matemática no 5º ano do Ensino Fundamental no município de Pinheiro – Maranhão. ....	69
Quadro 4 - Evolução da aprendizagem em matemática no 9º ano do Ensino Fundamental no município de Pinheiro – Maranhão. ....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação dos alunos quanto às suas habilidades adquiridas em Matemática durante o Ensino Médio.....	72
---	----

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	<i>SOFTWARES</i> EDUCACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO .....	20
2.1	Aplicações dos softwares em outras áreas de produção .....	26
2.2	Softwares educacionais aplicados em Física .....	28
2.3	Softwares educacionais como proposta de recurso pedagógico .....	31
3	O OSCILADOR HARMÔNICO E SUA UTILIZAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA .....	37
3.2	A energia mecânica do movimento harmônico simples .....	46
3.3	O pêndulo simples .....	50
4	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	56
4.1	Sequências de Ensino Investigativas: uma estratégia para construção do conhecimento no Ensino de Física .....	56
4.2	Construindo uma sequência de ensino investigativa .....	61
5	O MODELLUS E SUA FUNCIONALIDADE DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA .....	63
5.1	Perfil dos alunos da turma 203 da segunda série do ensino médio.....	66
5.2	Análise de conhecimentos prévios em fenômenos ondulatórios .....	76
5.3	Verificação da aprendizagem significativa usando o software educacional Modellus.....	83
5.4	Opiniões dos alunos quanto ao uso do software Modellus no auxílio à SEI.....	106
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	111
	REFERÊNCIAS .....	113
	APÊNDICES .....	116
	Apêndice A.....	117
	A.1 – Termo de consentimento livre e esclarecido .....	118
	A.2 – Questionário de perfil .....	121

A.3 – Questionário conceitual de oscilações .....	124
A.4 – Questionário de satisfação .....	126
Apêndice B .....	128
Produto Educacional.....	128

## 1 INTRODUÇÃO

Os *softwares* educativos possuem o importante papel de proporcionar ao aluno, dentre outras habilidades, a capacidade de simular de forma adequada a realidade e também de ser uma alternativa metodológica que incentive sua participação ativa no processo de aprendizagem. Desta maneira, estes *softwares* desenvolvem uma função importante no processo de ensino e aprendizagem em uma sala de aula, pois possibilitam que os alunos ampliem suas buscas por autonomia, criatividade e conhecimento. Assim, o resultado desta soma de fatores permite que *softwares* de simulações sejam desenvolvidos para a criação de experimentos educacionais de fenômenos físicos.

De acordo com Mendes e Almeida (2012), as dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Física têm sido objetos de estudo de diversas pesquisas e, como resultado, novos métodos de ensino estão sendo desenvolvidos. Em sua maioria, esses métodos possibilitam aos estudantes um aprendizado dinâmico e atraente, em que o estudante participa ativamente da sua formação. Nesta perspectiva, Ramos (2011) sugere como alternativa ao ensino tradicional, o uso de Tecnologias de Informação e da Comunicação (TIC). Mais enfaticamente, Jimoyiannis e Komis (2001) consideram que a Física é uma das áreas que mais pode se beneficiar das TICs para o seu ensino e aprendizagem.

Para Soffa & Alcântara (2008), um *software* educativo é um programa que possui recursos que foram projetados com intenção e finalidade de serem usados em contextos de ensino e de aprendizagem; suas finalidades vão desde a aquisição de conceitos, passando pelo desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas até a construção de novos caminhos que favoreçam o desenvolvimento educacional.

Como alternativa viável para melhorar o ensino, não apenas na área de ciências da natureza, como é o caso específico da Física, os *softwares* educacionais se apresentam como ferramentas para todas as modalidades de ensino, quer seja para o ensino presencial ou semipresencial, como é o caso, por exemplo, da educação à distância (EAD), e até mesmo no que tange à educação especial. Isto é, estes *softwares* vêm desempenhando um papel importante na aproximação entre aluno e professor, facilitando o processo de ensino aprendizagem. Do ponto de vista teórico-científico, Novak (1981) nos diz que um bom ensino deve ser construtivista, que promova a compreensão dos conceitos e sua integração, e torne a aprendizagem mais significativa.

Dentre as potencialidades do uso de computadores para o ensino de Física, o que nos motivou a desenvolver um trabalho com esta linha de pesquisa parte da premissa de que “a simulação é uma forma de converter conhecimento tácito em codificação...” (GAVIRA, 2003, p. 22). Essa expressão representa o dia-a-dia do professor em sala de aula, pois “tácito” como adjetivo na língua portuguesa, significa que algo está implícito ou que está subentendido, sendo dispensáveis explicações ou menções a respeito. Muitos dos fenômenos físicos se demonstram desta maneira tácita para os alunos, causando neles insatisfação e incapacidade de compreensão. Portanto, acreditamos que os *softwares* educacionais podem vislumbrar a abstração por trás de tanta “incapacidade” que os alunos dizem ter diante deste componente, muitas vezes temido, chamado Física.

Outra justificativa para o uso de computadores como ferramenta de aprendizagem é devido à diferença notória de custo financeiro entre sua utilização como laboratório virtual e os laboratórios didáticos convencionais de Física adequados para as práticas experimentais em escolas públicas. Pois, financeiramente, o mais viável para esta realidade é fazer uso dos *softwares* educacionais que “materializam” um modelo que se aproxima da realidade, fazendo com que ele visualize o que antes era apenas um fato imaginário. Este aspecto, por sinal, é atualmente observado na escola onde foi aplicada a proposta didática desta pesquisa.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1998) destacam o crescente uso do computador nas escolas, colocando-o como instrumento de uso necessário para a atualização dos alunos, promovendo, dessa forma, a instrumentalização para novas tecnologias de informação, buscando atender a uma demanda numa perspectiva socioeducativa no presente e para o futuro.

Cenne e Teixeira (2007) enfatizam a necessidade dos professores incorporarem as TICs em suas aulas, possibilitando aos alunos a interação com elas por meio de recursos, tais como: internet, modelagem computacional, hipertexto, ambiente virtual de aprendizagem, entre outros. Nesta mesma perspectiva, Mendes e Almeida (2012) afirmam que o uso do computador tem trazido vantagens, viabilizando a melhoria nos processos de ensino e de aprendizagem da Física, configurando-se como um recurso para novas propostas do ensino. Valente (1995) ressalta ainda que o uso do computador deve ser uma ferramenta de complementação, de aperfeiçoamento e de possível mudança na qualidade do ensino.

Além dos pesquisadores mencionados, buscamos fundamentar nossa pesquisa em concepções de estudiosos da aprendizagem como o cognitivista Vygotsky (1984), por descrever de forma primorosa o desenvolvimento da aprendizagem por zona de

desenvolvimento proximal, em que o aluno pode aprender sozinho ou com colaboração de colegas mais adiantados. Neste aspecto, utilizamos o conceito sócio interacionista de Vygotsky pelo fato desta pesquisa ser desenvolvida com grupos de alunos mediados pelo professor responsável. Outros pesquisadores utilizados como marco teórico foram os comportamentalistas Ausubel (2003) e Moreira (2011), que tratam da estrutura cognitiva do aluno e seus subsunçores para dar significado a outros conhecimentos adquiridos.

Quanto ao desenvolvimento da Sequência de Ensino Investigativo (SEI), baseamo-nos nas contribuições de Carvalho (2011) e Carvalho (2013) como instrumentos norteadores para a construção da nossa proposta, cujo objetivo geral é propor uma SEI baseada em problemas descritos por simulações de oscilações harmônicas utilizando o *software* Modellus como ferramenta auxiliar na aprendizagem dos alunos. Mais especificamente, a sistemática desta pesquisa propõe-se a investigar os conhecimentos prévios dos alunos em Física, em especial em oscilações, através da aplicação de questionário investigativo; apresentar propostas para a utilização dos *softwares* educacionais pelos docentes da educação básica; discutir a possibilidade dos *softwares* educacionais serem utilizados enquanto recursos didáticos no ensino de Física; desenvolver por meio da modelagem computacional novas habilidades na resolução de problemas de Física utilizando o *software* Modellus.

A pesquisa aqui apresentada foi estruturada da seguinte maneira: Introdução; o segundo e terceiro capítulos descrevem, respectivamente, o referencial teórico abordado, no qual destacamos o uso de “softwares educativos para o Ensino Médio”, “o oscilador harmônico e sua utilização para o Ensino de Física”; o capítulo quatro se refere à SEI, que é o principal pilar de sustentação do produto educacional apresentado, e nele descrevemos os caminhos de construção de uma SEI e sua importância no processo de ensino aprendizagem.

No quinto capítulo, intitulado “o Modellus e sua funcionalidade didática para o Ensino de Física”, apresentamos todos os detalhes metodológicos e análise de resultados da SEI aplicada junto aos alunos.

No sexto e último capítulo, apresentamos, resumidamente, as principais constatações identificadas nesta dissertação a partir da aplicação da proposta didática.

## 2 SOFTWARES EDUCACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO

A interface e seus objetivos pedagógicos são algumas das características que norteiam a avaliação de um *software* educativo, cuja classificação, segundo Valente (1999), pode ser dividida em tutoriais, programação, aplicativos, exercícios e práticas, multimídia e Internet, simulação, modelagem e jogos. Todavia, há que se questionar: O que de fato é um software educativo? O que é Educação? Para o primeiro questionamento abordamos seus conceitos da seguinte forma:

Um *software* educativo é um programa que possui **recursos projetados com intenção e finalidade** de serem utilizados no processo de ensino aprendizagem; suas finalidades vão desde a aquisição de conceitos, passando pelo desenvolvimento de habilidades e resolução de problemas (SOFFA, 2008, p. 25, grifo nosso).

Ainda compartilhando das concepções de Soffa & Alcântara (2008), o *software* educativo deve ser desenvolvido com o desígnio de levar o aluno a construir um determinado conhecimento referente a um conteúdo didático. Pois, o objetivo de um *software* educativo é o de favorecer os processos de ensino aprendizagem e sua característica principal é seu aspecto didático na sala de aula.

Para Heineck e Valiati (2008) o *software* educacional procura proporcionar aos alunos uma quantidade considerável de conhecimentos e recursos necessários para o entendimento de temas, buscando fornecer às escolas mais um recurso didático para o ensino-aprendizagem em conteúdos de Física através do uso de simulação e modelagem computacional.

No que se refere à concepção de Educação, Novak (1981) em sua teoria da educação diz que esta é o conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras) que contribui para o engrandecimento do indivíduo para lidar com a vida diária.

Ainda sobre o conceito de educação, Novak (1981) diz que a educação deve considerar que seres humanos pensam, sentem e agem, e deve ajudar a explicar como se pode melhorar as maneiras através das quais as pessoas fazem isso. Qualquer evento educativo é, de acordo com ele, uma ação para trocar significados (pensar) e sentimentos entre aprendiz e professor.

Após a conceituação dos questionamentos levantados, retornemos à abordagem dos *softwares* educacionais no que tange à simulação e modelagem computacional. Estas

constituem o ponto forte do computador na escola, pois possibilitam a vivência de situações difíceis ou até perigosas de serem reproduzidas em sala de aula ou em laboratórios; o advento deste mecanismo da informática permite que o professor realize experiências químicas ou de balística, reações nucleares, fenômenos microscópicos, até a criação de planetas e viagens galácticas – que no ambiente físico da sala de aula não seria possível. Do ponto de vista científico:

Os autores classificam a modelagem como um processo de representação, no qual o modelo é uma representação simplificada de um sistema, mantendo apenas as suas características essenciais. Na Física, o interesse são os modelos de sistemas dinâmicos, isto é, modelos que estabelecem alguma relação matemática entre quantidades Físicas e o tempo, considerado como uma variável independente (MENDES, 2014, p. 20).

Enquanto a modelagem segue um rito de representação, a simulação segue na forma de converter conhecimento tácito em codificação, já que as atividades de reflexão, discussão, indução etc, inerentes à modelagem, proporcionam o conhecimento do sistema (aquisição de conhecimento sobre o sistema modelado) (GAVIRA, 2003, p. 22). Essas discussões a respeito da aplicabilidade da informática na aprendizagem do aluno, nos remete a fazer comparações com um dos objetivos deste trabalho, que é o de discutir a possibilidade dos *softwares* educacionais serem utilizados enquanto recursos didáticos no ensino de Física.

Os *softwares* educacionais devem ser desenvolvidos para a aprendizagem do aluno. Para tal fim, torna-se necessário que a modelagem possa representar o fenômeno implementado por ela. Assim, a escolha do fenômeno a ser desenvolvido é feita *a priori* e fornecido ao aprendiz. Entretanto, quando estes fenômenos são criados primariamente no computador, não exigindo que o aprendiz desenvolva suas hipóteses, teste-as, analise os resultados e refine seus conceitos, classificamos essa simulação como fechada. Este tipo de simulação coloca em ênfase a figura do professor no processo de ensino aprendizagem tornando o aluno apenas como um receptor, algo que difere da proposta deste trabalho. Contudo, a simulação fechada adequa-se ao estilo da aula expositiva muito comum no Ensino de Física em escolas de Ensino Médio.

Por outro lado, a simulação aberta fornece algumas situações previamente definidas e encoraja o aprendiz a elaborar suas hipóteses que deverão ser validadas por intermédio do processo de simulação no computador e mediada pelo professor. Neste caso, o computador permite a elaboração do nível de compreensão por meio do ciclo descrição - execução - reflexão - depuração - descrição, em que o aprendiz define e descreve o fenômeno

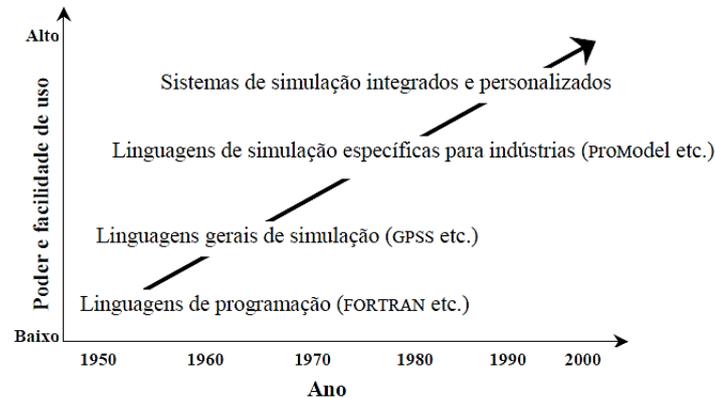
em estudo. Esta forma de aplicar o uso dos *softwares* educacionais no processo de ensino aprendizagem, terá destaque na construção deste trabalho e será detalhado na seção 4.1.

Na modelagem, há casos em que o modelo do fenômeno pode ser criado pelo aprendiz. Esta ação por parte do aprendiz, em alguns momentos, exigirá conhecimentos em informática e em linguagem de programação, algo não muito apropriado para o Ensino Médio. Entretanto, o *software* Modellus X 04.05, o qual utilizamos para o desenvolvimento desta pesquisa, não exige, do professor ou do aluno, conhecimentos refinados em linguagem de programação, o que facilita a interação deste com seus usuários.

O uso dos *softwares* educacionais na sala de aula não é algo que surgiu a pouco tempo no Brasil como proposta didática para melhorar a qualidade do ensino. A inserção da informática na sala de aula vem adquirindo seu espaço há décadas, como forma de uso consciente e adequado da tecnologia da informação no processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, esta crescente utilização do computador como recurso pedagógico fez com que a complexidade dos problemas também aumentasse. Surgiu, então, a necessidade de se usar uma abordagem mais sistêmica e generalista. A linguagem de simulação para computadores mudou de linguagens de programação geral, cujo nome é um acrônimo da expressão "*IBM Mathematical FORMula TRANslation System*" (*FORTTRAN*) que significa Sistema de Tradução de Fórmulas Matemáticas, para uma linguagem mais complexa, como por exemplo, as *General Purpose Simulation System* (Sistema de Simulação de Propósito Geral (GPSS) e os baseados na Dinâmica dos Sistemas (GAVIRA, 2003, p. 72).

Nos anos noventa sugeriram os programas de simulação mais flexíveis, com maior animação e integração com outras linguagens de programação. Nesses programas, o tempo e o esforço se concentraram mais na atividade de análise dos resultados e menos na programação e eliminação de erros. A evolução desta ferramenta de simulação nas últimas décadas é resumida na figura abaixo.

**Figura 1** - A evolução das ferramentas de simulação computacional.



**Fonte:** Gavira (2003, p. 75)

As linguagens de propósito geral foram as primeiras a serem utilizadas para a simulação de acordo com a tabela abaixo. Essas linguagens como o FORTRAN e o PASCAL, podem ser usada para implementar praticamente qualquer problema computacional e muitos programas de simulação foram escritos nessa linguagem. No início a simulação se restringia a um seleto grupo de pessoas trabalhando em Universidades, centro de pesquisa e no meio militar. Cada programa tinha uma aplicação específica e suas execuções eram problemáticas, pois, naquela época os computadores eram bem menos poderosos que os atuais (GAVIRA, 2003, p. 73).

**Quadro 1** – Histórico do uso da simulação computacional.

Anos	Ferramenta	Característica do estudo de simulação	Exemplos
50 e 60	Linguagens de propósitos geral	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicações de grandes corporações;</li> <li>- Grupo de desenvolvimento de modelos com 6 a 12 pessoas;</li> <li>- Geram programas a serem executados em grandes computadores;</li> <li>- Grandes investimentos em capital;</li> <li>- Aplicáveis a qualquer texto;</li> <li>- Exigem conhecimentos profundos de linguagens;</li> <li>- Exigem muito tempo de desenvolvimento;</li> <li>- Não são totalmente reutilizáveis.</li> </ul>	FORTRAN, PASCAL e C.
70 e início dos 80	Linguagens de simulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização de um maior número de corporações;</li> <li>- Desenvolvimento e uso dos pacotes de linguagens;</li> <li>- Surgem linguagens de simulação baseadas em <i>System Dynamics</i>.</li> <li>- Comandos projetados para tratar lógicas de filas e demais fenômeno comum;</li> </ul>	SIMSCRIPT, GPSS, GASP IV, DYNAMO, SIMAN E SLAM

		- Mais amigáveis, mas ainda requerem programador especializado;	
80 e início dos 90	Simuladores de alto nível	- Introdução do PC e da animação; - Presença de guias, menus e caixas de diálogos; - Simulação realizada antes do início da produção; - Facilidade do uso; - Menos flexível que a linguagem de propósito geral e de simulação; - Projetados para permitir modelagem rápida; - Dispõe de elementos específicos para representar filas, transportadores etc; - Restringem-se a sistemas de certos tipos;	Simfactory e Xcell
Após 90	Pacotes flexíveis de programa de simulação	- Melhor animação e facilidade de uso; - Fácil integração com outras linguagens de programação; - Usada na fase de projeto; - Grande uso em serviços; - Uso de controle para sistemas reais; - Grande integração com outros pacotes (base de dados e processadores de texto); - Aprimoramento dos simuladores, o que permite modelagem rápida; - Integram a flexibilidade das linguagens de simulação, com a facilidade de uso dos pacotes de simulação.	Witness, Extend, Stella, ProModel for Windows

**Fonte:** Gavira (2003, p. 73)

Essa metodologia mencionada (Dinâmica dos Sistemas) faz uso do conceito de pensamento sistêmico para a resolução de problemas. Nesse contexto, o presente trabalho tem como um dos principais objetivos identificar e analisar os aspectos potenciais da simulação enquanto ferramenta de aquisição de conhecimento. As evidências de aplicabilidades e funcionalidades desta tecnologia em sala de aula estão disponíveis no capítulo 5 nas seções 5.2 e 5.3 deste trabalho, corroborando a importância da simulação computacional na aprendizagem do aluno.

De acordo com Moraes (1997) o Projeto EDUCOM, documento referencial que resgata a história e consolida os diferentes fatos que caracterizam a cultura de informática educativa existente no país, as primeiras iniciativas na área tiveram suas raízes plantadas na década de setenta, quando, pela primeira vez, em 1971, discutiu-se o uso de computadores no ensino de Física, em seminário promovido em colaboração com a Universidade de Dartmouth/USA.

Moraes (1997) informa, também, que as primeiras demonstrações do uso do computador na educação, na modalidade de Instrução Assistida, do inglês, *Computer Aided*

*Instruction*, (CAI), ocorreu no Rio de Janeiro, em 1973, na I Conferência Nacional de Tecnologia Aplicada ao Ensino Superior. Nessa mesma época, o Brasil iniciava os seus primeiros passos em busca de um caminho próprio para a informatização de sua sociedade, fundamentado na crença de que tecnologia não se compra, mas é criada e construída por pessoas.

Como medida de desenvolver a utilização do computador naquela época, o Governo Brasileiro criou a Comissão Coordenadora das Atividades de Processamento Eletrônico (CAPRE), a Empresa Digital Brasileira (DIGIBRÁS) e a Secretaria Especial de Informática, que nasceu como órgão executivo do Conselho de Segurança Nacional da Presidência da República (CSNPR). Pois, havia um consenso no âmbito da Secretaria Especial de Informática e no CSNPR de que a educação seria o setor mais importante para construção de uma modernidade aceitável e própria, capaz de articular o avanço científico e tecnológico com o patrimônio cultural da sociedade e promover as interações necessárias (MORAES, 1997, p. 4).

A partir desta visão, iniciativas como a do Ministério da Educação (MEC), de 1982, em realizar a implementação de projetos que permitissem o desenvolvimento de estudo que tratassem da utilização de tecnologias educacionais e dos sistemas de computação como ferramenta auxiliar para a sala de aula ratificaram a importância da atualização de conhecimentos técnico-científicos (MORAES, 1997, p. 4).

Segundo Moraes *et. al.* (1997), a iniciativa do MEC citada anteriormente deu-se devido ao sucesso obtido em projetos de interação de alunos com o computador desenvolvidos nas Universidades Federais do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), juntamente com a Universidade de Campinas (UNICAMP). A UFRGS, por exemplo, em 1973 realizou o primeiro estudo utilizando terminais de teletipo e display num experimento simulado de Física para alunos do curso de graduação. No mesmo período o Centro de Processamento de Dados (CPD) da UFRGS criou o *software* SISCAI, que era voltado para a avaliação de alunos de pós-graduação em educação.

Já a UNICAMP lançou um projeto coordenado pelo Prof. Ubiratan D'Ambrósio, do Instituto de Matemática, Estatística e Ciências da Computação, na qual escreveu o documento Introdução de Computadores nas Escolas de 2º Grau, financiado pelo Acordo MEC-BIRD, mediante convênio com o Programa de Reformulação do Ensino (PREMEN/MEC), atualmente extinto. Naquele mesmo ano, a UNICAMP recebia visita de Seymour Papert e Marvin Minsky para ações de cooperação técnica. Essa cooperação resultou

em um grande avanço para o grupo de pesquisa desta instituição proporcionando visitas no MEDIA – LAB do MIT/USA, cujo retorno bem sucedido permitiu a criação de um grupo interdisciplinar envolvendo especialistas das áreas de computação, linguística e psicologia educacional. O sucesso do projeto foi tanto que em 1977, o projeto passou a envolver crianças e posteriormente, em 1983, foi instituído o Núcleo Interdisciplinar de Informática Aplicada à Educação (NIED/UNICAMP), já com apoio do MEC.

Ao relatarmos os esforços para implementar o uso do computador nas escolas brasileiras e a simulação computacional nos demais níveis da educação nacional, destacamos em seguida, a aplicabilidade dos *softwares* no atual contexto educacional, bem como em outras áreas de produção que se beneficiem da mesma ferramenta.

## **2.1 Aplicações dos softwares em outras áreas de produção**

Em algumas áreas do conhecimento, os *softwares* fazem-se necessários para sistemas de controle e modelagem de equipamentos de alto desempenho, como é o caso do piloto automático da aeronave F-16 e aeromodelos em monitoramento aéreo, o que diferencia este tipo de *software* dos demais está no fato deste realizar operações autônomas - piloto automático (JORGE, 2002, p. 3). O piloto automático consiste de um *software* desenvolvido para controlar determinadas funções a serem executadas pela aeronave; para desempenhar tais funções, o sistema conta com uma grande variedade de sensores a bordo para controle de voo, tais como GPS, altímetro, velocímetro, horizonte artificial, rotação do motor, nível de combustível, etc. (JORGE, 2002, p. 3).

No âmbito da Educação à Distância (EAD), os *softwares* vêm desempenhando um papel importante na aproximação entre aluno e professor, facilitando o processo de ensino aprendizagem. Dentro dessa perspectiva, Novak (1981) ressalta que do ponto de vista teórico-científico, um bom ensino deve ser construtivista, promover a mudança conceitual e facilitar a aprendizagem significativa. Entretanto, a aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito.

Ainda retratando o aspecto educacional, observando somente a categoria dos *softwares* livres, podemos verificar que muitos deles auxiliam na aproximação dos alunos com o professor e na aprendizagem, mostrando a importante utilidade desta ferramenta na produção de novos saberes e na reestruturação das novas condutas que se fazem necessárias. Essas iniciativas buscam dar suporte à formação e atualização dos profissionais, bem como ao compartilhamento de informações, segundo a ideia da transmissão das experiências em rede, práticas e materiais de ensino/trabalho. Ressaltamos que o *software* livre é definido como:

[...] todo aquele *software* que disponibiliza ou permite qualquer um usá-lo, copiá-lo, e distribuí-lo, seja na sua forma original ou com modificações, seja gratuitamente ou com custo. Em especial, a possibilidade de modificações implica em que o código fonte esteja disponível. Se um programa é livre, potencialmente ele pode ser incluído em um sistema operacional também livre (FELIPE, 2009, p. 2).

Neste trabalho, baseamo-nos no quesito *software* livre para propor nossa prática pedagógica, visto que, utilizamo-nos do *software Modellus X* na versão 0.4.05 para Sistema Operacional Windows 10 de 64 e 32 Bits. Este *software* é uma das principais ferramentas que irá auxiliar o desenvolvimento do produto educacional desenvolvido neste trabalho, cuja descrição será apresentada na seção 2.2 deste capítulo.

Retomando a abordagem sobre a aplicabilidade dos *softwares* em outras áreas, a UNICAMP por meio da modalidade EAD, vem discutindo desde a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9.394/96 (LDBEN) a implementação do *software* TelEduc, que foi desenvolvido por pesquisadores desta instituição na tentativa de disponibilizar um ambiente para a criação, participação e administração de cursos na web. Sua interface de uso exibe uma particularidade em relação aos demais *softwares*, uma vez que foi projetada visando atender as necessidades apresentadas pelos seus usuários.

O TelEduc é um *Software* Livre para EAD que se tornou:

Um novo meio para construir saberes; uma nova oportunidade para que as pessoas possam discutir, compartilhar e colaborar na elaboração do conhecimento [...] Ambiente de suporte ao ensino/aprendizagem à distância, Ambiente de suporte ao ensino/aprendizagem (semi) presencial, que amplia o espaço da sala de aula, Ambiente de suporte ao trabalho cooperativo (ROCHA, 2002, p 17).

O TelEduc apresenta ferramentas que permitem o uso de diferentes meios didáticos de auxílio ao estudante, como textos, sites da internet, entre outros. Além disso, fóruns de discussão e portfólios existem para propiciar maior comunicação e compartilhamento de materiais entre os participantes do curso.

A modalidade de uso como *software* livre do TelEduc, chamada de Ensino Aberto, foi lançada em 2001 com o objetivo de apoiar o ensino-aprendizagem colocado à disposição de estudantes e docentes. O Espaço Aberto permite o planejamento das aulas, disponibilização dos conteúdos e interações professor-aluno e aluno-aluno.

Outra área das Ciências Exatas que faz uso de *softwares* educacionais é a Matemática. Nela, os softwares são utilizados no tratamento de problemas como distribuição binomial, variáveis aleatórias discretas e problemas de contagem em uma variável de interesse que representa o número de vezes que um particular evento ocorre em  $n$  repetições, independente de um experimento aleatório. Para resolver situações dessa categoria, usa-se com frequência o GeoGebra, um *software* matemático que reúne um sistema de geometria dinâmica, álgebra e cálculo, para resolver problemas no âmbito da probabilidade. Nesta e em outras situações do ambiente da sala de aula, reforçamos o uso do *software* como ferramenta tecnológica para auxiliar no processo de ensino aprendizagem, conforme situações e classificações abordadas acima.

A tecnologia na educação é comumente definida como um dispositivo técnico ou ferramenta utilizada para promover o aprendizado. Para Bernardes (2011), a tecnologia educacional pode incluir mídia, modelos projetados e não projetados, ser visual, sonora e dinâmica, utilizando áudio e vídeo ou o conjunto de todos com a mídia digital.

Diante das perspectivas direcionadas para o ambiente escolar, acreditamos que o *software Modellus X* na versão 0.4.05, possa contribuir de fato para melhorar a aprendizagem do aluno. Na seção seguinte destacaremos a aplicabilidade dos *softwares* educacionais no ensino de Física.

## 2.2 Softwares educacionais aplicados em Física

Como visto anteriormente na seção 2.1, as tecnologias abrem a possibilidade de novas formas de ensino e de aprendizagem. Neste sentido, o uso de computadores com a aplicação de *software* educativo pode proporcionar ao estudante a atratividade em disciplinas que possuem um alto grau de abstração, como por exemplo, a Física. Contudo, antes de iniciarmos essa discussão, cabe uma reflexão sobre o porquê de sua utilização.

De acordo com Mendes e Almeida (2012), as dificuldades na aprendizagem da Física têm levado parte dos pesquisadores a desenvolverem novos métodos de ensino. Esses métodos possibilitam um aprendizado dinâmico e atraente, em que o estudante participa da

sua formação. Nessa vertente, Ramos (2011) sugere como alternativa ao ensino tradicional, o uso de TICs como mecanismo de aplicação de novas metodologias. Já Jimoyiannis e Komis (2001) consideram que a Física é uma das áreas que mais pode se beneficiar das TICs para o ensino e a aprendizagem.

O ensino, hoje, concorre com a dinâmica de informação, pois a tecnologia está em todos os lugares, e as crianças ao frequentarem as escolas fazem uso cotidianamente dessas ferramentas, vivendo a realidade conectadas ao universo virtual. Tarouco *et. al.*, (2003, p. 1) afirmam que “a tecnologia de informática e comunicação atualmente permite criar material didático usando recursos multimídia e interatividade que tornam mais efetivos os ambientes de ensino-aprendizagem apoiados nas TICs”.

Assim, o ensino de Física através de *softwares* educacionais, pode fazer com que muitos alunos expressem seus pensamentos, tendo no professor um elemento mediador e provocador do diálogo, valorizando, inclusive, essas exposições, independentemente da linguagem ser cientificamente correta ou não, em que o professor confronta, analisa e corrige as diferentes exposições (Heineck & Valiate, 2008, p. 97).

Essa análise nos conduz a refletir sobre o processo de ensino-aprendizagem na sala de aula, pois devemos ter claro dois tipos de relações mediadas pelo saber entre professor e aluno: o primeiro, considera o professor com suas concepções científicas sistematizadas e socializadas pelos livros textos; o segundo, o aluno com suas concepções prévias, que em vários casos são conhecimentos empíricos, e muitas vezes não comprovados cientificamente.

Para que essa relação entre o conhecimento do professor e do aluno possa estar sincronizada, Heineck & Valiate (2008) esclarecem que a forma de valorizar esses pensamentos e de aproximar o Ensino de Física do cotidiano dos estudantes, rodeados por recursos tecnológicos que estão ao seu alcance, é que induz a criação e aplicação de *softwares* educativos disponíveis na área de Física, como ferramenta didática para um ensino mais prazeroso no ambiente escolar. Heineck e Valiate realizaram um estudo com *software* Vest21<sup>1</sup>.

Em geral, os *softwares* que possuem temáticas relacionadas a conteúdos da disciplina de Física (divididos em módulos), incluem a manipulação de equipamentos e experimentos. Cada módulo possui: explicações conceituais específicas sobre o conteúdo estudado; informações adicionais relacionadas ao conteúdo (consideradas como requisitos

---

<sup>1</sup> *Software* Educacional destinado ao ensino de Mecânica. Contém 22 lições, e cada lição é subdividida em um resumo teórico e em testes animados. Disponível em: <<http://www.angelfire.com/ab5/extensao/vest21.html>>. acessado em 25/08/2017.

essenciais para a compreensão do conteúdo atual); um vídeo com explicações que reproduzem o equipamento e experimentos feitos em laboratório; experimento interativo baseado na experimentação realizada no vídeo, e exercícios de interpretação e compreensão do conteúdo.

Quando aplicado em sala de aula o Vest21 objetivou investigar: 1) o uso dos recursos didáticos adotados em sala de aula; 2) a compreensão do conteúdo trabalhado; 3) a influência das diferentes metodologias adotadas sobre o mesmo tema pelo mesmo professor, e 4) as relações do conteúdo de Física com o cotidiano.

Os resultados obtidos na aplicação deste *software* se mostraram satisfatórios em 70%, quando o seu uso não sofreu intermédio do professor, e 80% de satisfação com a intervenção do professor como mediador do conhecimento (Heineck & Valiati, 2008, p. 5).

Durante sua aplicabilidade com os alunos, possibilitando a aprendizagem em sala de aula, o Vest21 foi utilizado como ferramenta educativa para melhorar a compreensão dos problemas de Física. A situação proposta aos aprendizes investigava a compreensão de um movimento uniformemente variado, com a obtenção de sua equação e a transformação de unidades, para, em seguida, efetuar o resultado, obtendo a posição que o objeto irá alcançar.

No primeiro momento da investigação, observou-se que havia grandes dificuldades por parte dos estudantes, primeiro em entender a pergunta para então montar os dados referentes à questão e, a partir daí, buscar a equação que respondesse ao cálculo numérico. Após essa ação, fez-se referência a posição do objeto. Destaca-se, também, os erros nas transformações das unidades que eram necessárias para obter a resposta correta. Em busca de sanar essas dificuldades apresentadas, Heineck & Valiati (2008) nos informa que o melhor desempenho dos alunos no uso do Vest21 para resolução da questão proposta chegou a ser de 75%.

Nesse contexto, Cenne e Teixeira (2007) enfatizam a necessidade dos professores incorporarem as tecnologias em suas aulas, fazendo os alunos interagirem com ela por meio de recursos, tais como: internet, modelagem computacional, hipertexto, ambiente virtual de aprendizagem, entre outros. Compartilhando dessa opinião, Mendes e Almeida (2012) apontam que o uso do computador tem trazido vantagens, possibilitando a melhoria nos processos de ensino e de aprendizagem da Física, configurando-se como um recurso para novas propostas do ensino.

Valente (1995) ressalta que o uso do computador deve ser uma ferramenta de complementação, de aperfeiçoamento e de possível mudança na qualidade do ensino, aspecto que é reforçado nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)

(BRASIL, 1998), que dentre outras coisas, destacam o crescente uso do computador nas escolas, colocando-o como instrumento de uso necessário para atualização dos alunos, que serve para promover a instrumentalização para novas tecnologias de informação, buscando atender a uma demanda social no presente e no futuro. Valente (1995) diz ainda que a implantação da informática na educação depende de três requisitos básicos: o computador, o *software* educativo e o professor capacitado para utilizar o computador em sala de aula. Segundo ele, o *software* educativo tem sua importância assim como os outros requisitos mencionados anteriormente também o tem. Sem ele, o computador jamais poderá ser utilizado como ferramenta educacional.

Também em relação às suas contribuições, Valente (1995) destaca ainda que os *softwares* educativos utilizados na escola não devem substituir as atividades educacionais já existentes, mas, sim, ser uma “ferramenta de complementação, de aperfeiçoamento e de possível mudança na qualidade do ensino”. Nesse sentido, o ensino associado a ferramentas tecnológicas representa a possibilidade de potencializar o aprendizado, por meio da modelagem computacional de problemas de Física, fazendo com que os alunos façam parte do processo de desenvolvimento da aprendizagem. Compartilhando dessa linha de pensamento, nos propomos nesta pesquisa a desenvolver uma SEI auxiliada pelo *software* educacional Modellus X na versão 04.05, que pode ser aplicada ao Ensino de Física do nível médio como um instrumento metodológico facilitador da aprendizagem do aluno dentro desse componente curricular.

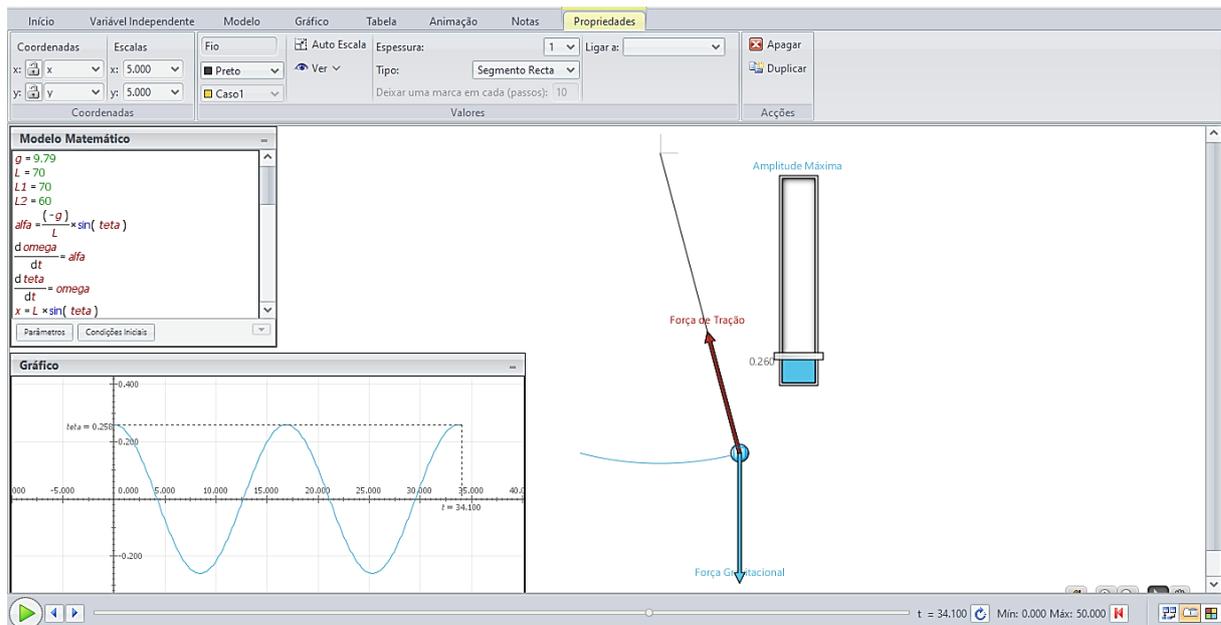
Nesta seção demonstramos a importância e necessidade do *software* educativo como ferramenta essencial para auxiliar e enriquecer uma sequência didática para o Ensino de Física. Veremos na seção seguinte as possibilidades de aplicação em sala de aula.

### **2.3 Softwares educacionais como proposta de recurso pedagógico**

Apresentamos nesta seção duas possibilidades do uso do *software* educacional Modellus X, versão 04.05, aplicado em sala de aula para auxiliar o desenvolvimento e aplicação de duas SEIs. A primeira delas refere-se ao movimento periódico de um pêndulo (O Pêndulo de Foucault) e a segunda sequência faz uma analogia entre o Oscilador Harmônico Simples (OHS) e um texto informativo, intitulado “O funcionamento e detalhes das molas de suspensão de um veículo”. Essas duas SEIs correspondem ao objeto de pesquisa e ao produto educacional desta dissertação.

Vejamos então as primeiras características da interface de implementação da primeira SEI no Modellus trabalhada em sala de aula. Esta sequência aborda o tema movimento periódico de um pêndulo (a utilidade do pêndulo de Foucault), cuja modelagem desta se apresenta na Figura 2.

**Figura 2** – Interface do *Modellus* para o pêndulo simples

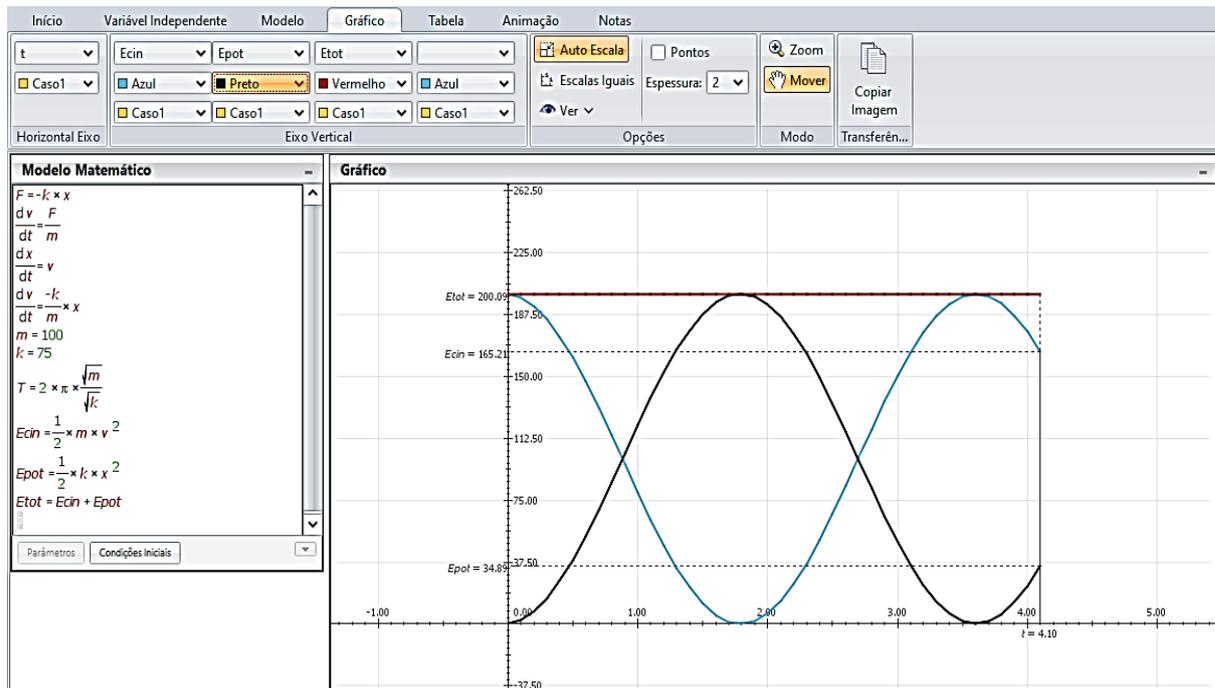


**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

A Figura 2 representa o ambiente de interação do *software* com o aluno no momento da aula, pois esta interface gráfica mostra a possibilidade real de uso deste *software* no ambiente de investigação desta pesquisa. A partir dela podemos refletir sobre os detalhes da construção, aplicação e obtenção de dados eficazes a respeito da aprendizagem do aluno mediante a resolução das sequências.

A segunda SEI trata do Oscilador Harmônico Simples (O Funcionamento e detalhes das molas de suspensão de um veículo) conforme mostra a Figura 3.

**Figura 3** – A interface do Modellus para Oscilador Harmônico Simples (OHS).



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

O Modellus foi desenvolvido por um grupo de pesquisa do Professor Vitor Duarte Teodoro, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova Lisboa. Segundo Teodoro (1997), ele permite a criação de funções em ambientes de aprendizagem e tem sido utilizado por professores de Ciências, principalmente voltado para os fenômenos que ocorrem em Cinemática. Nesta pesquisa investigaremos a aplicabilidade do *software* para descrever o comportamento do pêndulo simples e do oscilador harmônico simples, que são classificados fisicamente como fenômenos oscilatórios.

De acordo com Araujo *et al.* (2004, p. 181), o Modellus “possui uma interface gráfica intuitiva, o que vem a facilitar a interação dos estudantes”. O programa favorece a criação de modelos em tempo real, propiciando múltiplas representações desses modelos, além de permitir observações de experimentos (conceituais) simultaneamente. Nesse sentido, Araujo (2002, p. 20) destaca alguns pontos importantes do *software o Modellus*:

- A construção e a exploração de múltiplas representações de modelos;
- A análise de qualidade dos modelos;
- O reforço do pensamento visual, sem memorização dos aspectos de representação formal, por meio de equações e outros processos formais;
- A abordagem de forma integrada dos fenômenos naturais ou simplesmente representações formais.



Além da pesquisa realizada por Veit e Teodoro (2002), existem outras que utilizaram o Modellus como ferramenta facilitadora na metodologia do ensino e mostraram sua potencialidade para os processos na aprendizagem. Porém, há de se destacar que a maioria dos trabalhos encontrados na literatura tem o Modellus como ferramenta auxiliar na compreensão de conceitos físicos e que foram realizados com estudantes de ensino superior. E, apesar desse recurso tecnológico ter apresentado resultados positivos no auxílio da compreensão dos conceitos de Física, poucos são os trabalhos que investigam a aplicabilidade dessa ferramenta no Ensino Médio. Mendes e Almeida (2012) apresentaram um estudo realizado com estudantes do Ensino Médio, no qual Mendes e Almeida (2012) mostraram que o *software* Modellus auxiliou significativamente no aprendizado dos alunos, principalmente no desenvolvimento de novas habilidades de resolução de exercícios a partir de uma SEI. Ramos (2011), em sua dissertação de Mestrado, também explorou o *software* na construção e interpretação de gráficos de Cinemática numa turma de trinta e oito alunos. O autor obteve resultados significativos na aprendizagem com a ferramenta (veja figura 5), principalmente com relação ao cálculo de velocidade a partir de um gráfico de posição em função tempo.

Ambos os grupos, experimental e de controle, subiram as suas classificações do pré para o pós-teste, de acordo com os dados da figura 5 que apresenta as percentagens de respostas corretas nos dois grupos e nos dois momentos, em cada uma das 21 questões. No grupo experimental a percentagem de respostas corretas aumentou em 19 questões, baixou na 21ª questão (escolher uma frase que se adapte a um gráfico de velocidade), e manteve-se na 19ª questão (selecionar, de entre gráficos de velocidade e aceleração, os que correspondem a aceleração nula). No grupo de controle a percentagem de respostas corretas aumentou em 20 questões e manteve-se na 10ª questão (selecionar, de entre vários gráficos de aceleração, o que corresponde a menor variação de velocidade num certo intervalo de tempo). No pós-teste, o grupo experimental apresentou pontuações superiores às do grupo de controle em oito questões (3,5,9,11, 13,17, 18 e 20), sendo três delas as correspondentes ao objetivo 1 (Dado um gráfico de posição, determinar a velocidade) e pontuações inferiores nas restantes 12 questões (Ramos, 2011, p. 69).

**Figura 5<sup>2</sup>** – Percentagem de respostas corretas em cada item no pré e no pós-teste.

Objectivo	Item	Grupo experimental		Grupo de controlo	
		% de respostas correctas no pré-teste	% de respostas correctas no pós-teste	% de respostas correctas no pré-teste	% de respostas correctas no pós-teste
4	1	20	47	22	57
2	2	53	67	57	64
<b>6</b>	<b>3</b>	53	<b>67</b>	30	<b>61</b>
3	4	13	40	17	57
<b>1</b>	<b>5</b>	<b>67</b>	<b>93</b>	74	<b>78</b>
2	6	13	27	30	35
2	7	7	27	17	35
6	8	27	47	13	26
7	9	27	<b>47</b>	13	26
4	10	20	33	39	39
<b>5</b>	<b>11</b>	47	<b>60</b>	30	43
7	12	60	67	70	91
<b>1</b>	<b>13</b>	47	<b>67</b>	35	<b>65</b>
5	14	27	60	30	78
5	15	20	33	30	35
4	16	0	27	17	52
<b>1</b>	<b>17</b>	40	<b>60</b>	39	57
<b>3</b>	<b>18</b>	40	<b>93</b>	61	<b>78</b>
7	19	47	47	39	78
<b>3</b>	<b>20</b>	60	<b>80</b>	65	<b>78</b>
6	21	60	47	17	52

Fonte: Ramos (2011, p. 70).

No capítulo seguinte desta dissertação apresentaremos os aspectos físicos que norteiam o conteúdo de oscilações proposto nesta pesquisa, descrevendo o Oscilador Harmônico Simples (OHS) e o pêndulo simples.

<sup>2</sup> Os valores em negrito, destacam os itens e percentagens em que o grupo experimental superou o grupo de controlo; essa superação foi detectada nos três itens relativos ao objetivo 1: “Dado um gráfico de posição, para determinar a velocidade”.

### 3 O OSCILADOR HARMÔNICO E SUA UTILIZAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA

O uso do oscilador harmônico se faz necessário tendo em vista a utilidade de suas concepções teóricas aplicáveis. Seu conceito corresponde, basicamente, à medida da frequência de oscilação de uma determinada massa em torno do seu ponto de equilíbrio estável (ALCARÁS, 2015). Qualquer sistema físico que oscile, nas vizinhanças desse ponto de equilíbrio, pode ser razoavelmente aproximado de um oscilador harmônico.

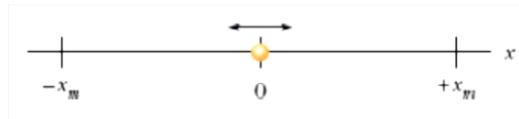
Seus conceitos teóricos podem ser explicados e exemplificados por formalismos matemáticos que descrevem movimentos vibratórios observáveis em alguns fenômenos, abrangendo em larga escala a descrição de sistemas oscilatórios que se assemelham ao seu funcionamento; tais como oscilações em sistema massa mola, oscilações periódicas em um pêndulo, vibrações em estruturas cristalinas, oscilações torcionais de moléculas, oscilações em cavidades ópticas, em quase-partículas como *fônons* e *mágnons*, etc. Nesse contexto, a aplicabilidade desse sistema físico se torna tão amplo quanto, por exemplo, na cinética de moléculas estáveis como em outros sistemas mecânicos.

Segundo Griffiths (2011), o paradigma do oscilador harmônico clássico é uma massa  $m$  atrelada a uma constante de mola  $k$  quando aplicado a uma força  $\vec{F}$ . Nele, o movimento é controlado pela lei de Hooke, que prevê, em sistemas elásticos, que a deformação é proporcional a uma força elástica e resistente ao alongamento resultante:

$$\vec{F} = -k\vec{x}. \quad (1)$$

Para Alcarás (2015, p. 2), o oscilador harmônico clássico surge de um sistema físico onde uma massa  $m$  está sujeita a uma força restauradora que atua proporcionalmente a sua posição, ou seja, supondo que o equilíbrio da partícula encontra-se na posição de equilíbrio  $x = 0$ , então a força restauradora tenta fazer com que a massa  $m$  retorne a esse ponto, atuando como  $\vec{F} = -k\vec{x}$ , em que  $k$  representa a proporcionalidade da força com a posição da partícula (ver Figura 6).

**Figura 6** – Uma partícula oscila repetidamente para a direita e para a esquerda da origem do eixo  $x$ , entre os pontos extremos  $+x_m$  e  $-x_m$ .



Fonte: Halliday, 2016, p.212.

Segundo Halliday (2016), a Figura 6 mostra que uma partícula está oscilando nas vizinhanças da origem de um eixo  $x$ , deslocando-se alternadamente para a direita e para a esquerda de uma mesma distância  $x_m$ . Nesse sistema, a frequência  $f$  da oscilação corresponde ao número de vezes por unidade de tempo que a partícula descreve uma oscilação completa (um ciclo). A unidade de frequência do Sistema Internacional de unidades (SI) é o hertz (Hz), definido da seguinte forma:

$$1 \text{ hertz} = 1\text{Hz} = 1 \text{ oscilação por segundo} = 1\text{s}^{-1}. \quad (2)$$

O tempo necessário para completar um ciclo é denominado de período  $T$  da oscilação, dado por

$$T = \frac{1}{f}. \quad (3)$$

Pois, todo movimento que se repete a intervalos regulares é chamado de movimento periódico ou movimento harmônico. No momento, estamos interessados em um tipo particular de movimento periódico conhecido como movimento harmônico simples (MHS). Esse movimento é uma função senoidal do tempo  $t$  que pode ser descrito por uma função seno ou cosseno em relação ao tempo  $t$ . Consideremos a função cosseno para descrever o deslocamento (ou posição) da partícula exemplificado na Figura 6, isto é,

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi), \quad (4)$$

em que  $x_m$ ,  $\omega$  e  $\varphi$  são parâmetros a serem definidos de acordo com a Figura 7 abaixo.

**Figura 7** – Parâmetros de uma função ondulatória

Deslocamento no instante  $t$

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \phi)$$

Amplitude

Fase

Tempo

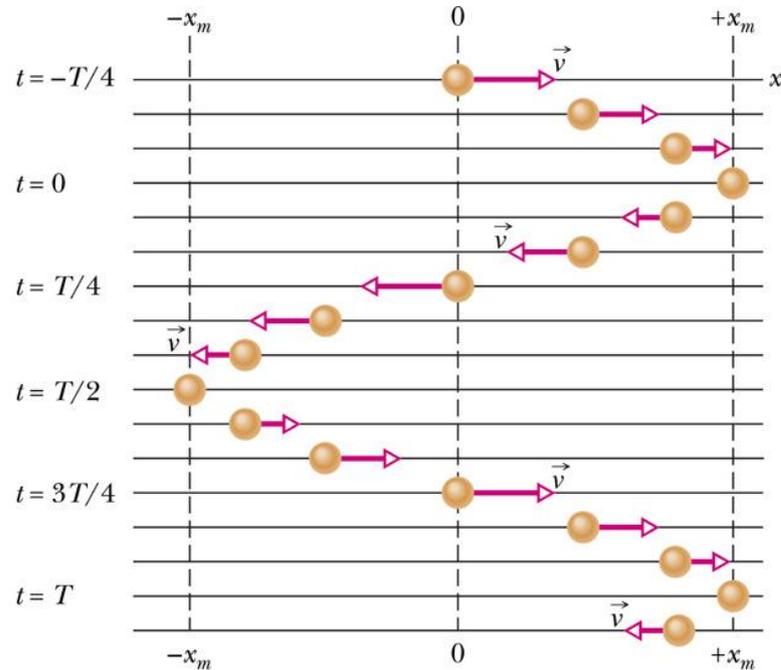
Frequência angular

Constante de fase ou ângulo de fase

**Fonte:** Halliday, 2016, p. 215.

Esses parâmetros foram definidos a partir de movimentos oscilatórios da partícula em torno da posição de equilíbrio na direção  $x$ . De acordo com a Figura 8, podemos observar que no instante  $t = 0$ , a partícula se encontra à direita da origem do eixo  $x$ . Esta posição da partícula é denominada de amplitude máxima  $+x_m$ . No instante seguinte, a partícula se encontra a esquerda de  $+x_m$  e continua a se mover no sentido negativo do eixo  $x$  até chegar ao ponto extremo à esquerda mais distante da origem, cuja coordenada é  $-x_m$ . Em seguida, a partícula começa se mover no sentido positivo do eixo  $x$  até chegar ao ponto  $+x_m$ . O movimento se repete indefinidamente, com a partícula oscilando entre os pontos  $+x_m$  e  $-x_m$ . De acordo com a Eq. (4), os valores de máximo e mínimo da função cosseno variam de  $+1$  a  $-1$ , em que, portanto, caracterizam o valor máximo das oscilações da partícula denominado amplitude  $x_m$ .

**Figura 8** – Movimento de uma partícula para esquerda e para direita em um movimento harmônico simples.

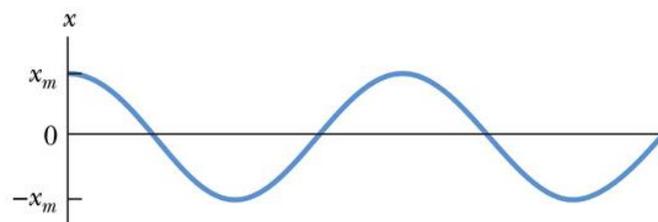


Fonte: Halliday, 2016, p. 214.

A Figura 8 mostra também a variação da velocidade da partícula com o tempo, na qual observamos que o comprimento dos vetores está diretamente relacionado as velocidades da partícula adquiridas na oscilação.

Na Figura 9 temos a variação, em gráfico, do movimento da partícula em torno da posição de equilíbrio. Nele observamos que no instante  $t = 0$ , a partícula se encontra em  $+x_m$  e que volta a essa mesma posição depois de uma oscilação completa e que, em seguida, começa um novo ciclo.

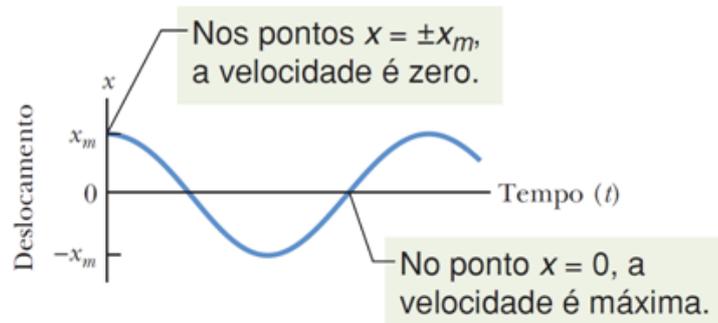
**Figura 9** – Gráfico do movimento periódico, com período  $T$  da partícula oscilante.



Fonte: Halliday (2016, p.214).

A variação da velocidade da partícula em função da amplitude é descrita Figura 10.

**Figura 10** – Gráfico da velocidade da partícula oscilando entre os pontos máximo e mínimo de sua amplitude.

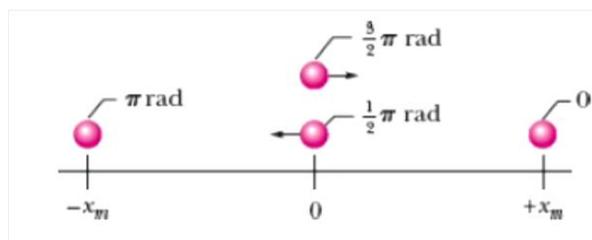


Fonte: Halliday (2016, p.214)

O que temos no conjunto das Figuras 8 a 10 é uma representação do que podemos verificar no movimento oscilatório de uma partícula. Os esquemas presentes nestas figuras representam uma forma concisa do movimento periódico de uma partícula por meio de uma equação abstrata dada por  $x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi)$ .

Além das informações mostradas anteriormente, temos ainda o argumento do cosseno da Eq. (4), que é denominado de fase do movimento. O parâmetro  $\varphi$  é denominado de ângulo de fase ou constante de fase. No instante  $t = 0$ , a partícula está em  $+x_m$  e sua fase é nula, isto é,  $\varphi = 0$ . Entretanto, se definirmos  $t = 0$  como sendo o instante em que a partícula está em outra posição qualquer, precisaremos usar um valor de  $\varphi$  diferente de zero para descrever corretamente o movimento da partícula. Alguns desses valores estão indicados na Figura 11.

**Figura 11** – Valores de  $\varphi$  correspondentes as várias posições da partícula no instante  $t = 0$



Fonte: Halliday (2016, p. 216).

Suponha, por exemplo, que a partícula esteja no ponto mais à esquerda no instante  $t = 0$  (ver Figura 11). Neste caso, a Eq. (4) só descreve corretamente o movimento se

$\varphi = \pi \text{ rad}$ . Para verificar se isso é verdade, faça  $t = 0$  e  $\varphi = \pi \text{ rad}$ ; o resultado será  $x = -x_m$ .

Outro parâmetro previsto na Eq. (4) é a frequência angular do movimento  $\omega$ . Para determinar a relação entre a frequência angular  $\omega$ , a frequência  $f$  e o período  $T$ , basta observar que, de acordo com a definição de período, a posição  $x(t)$  da partícula deve ser a mesma que a posição inicial depois de decorrido exatamente um período. Assim, se  $x(t)$  é a posição da partícula em um dado instante  $t$ , a partícula deve estar na mesma posição no instante  $t + T$ . Se considerarmos  $\varphi = 0$  para eliminar uma complicação desnecessária, o retorno à posição inicial pode ser expressa usando a igualdade

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi) \quad (5)$$

Como o período é  $2\pi$ . Assim,

$$\begin{aligned} \omega(t + T) &= \omega t + 2\pi \\ \omega &= \frac{2\pi}{T} \end{aligned} \quad (6)$$

ou ainda

$$\omega = 2\pi f, \quad (7)$$

Pois, por definição  $T = \frac{1}{f}$ . A unidade de frequência angular no SI é o radiano por segundo (rad/s).

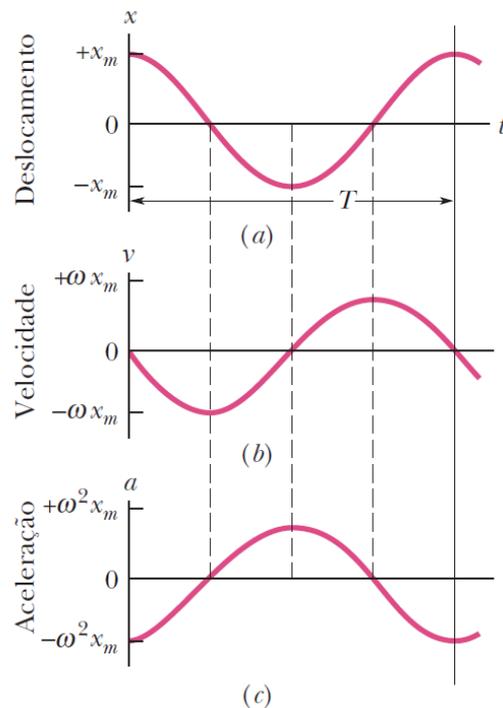
Quanto à velocidade do movimento harmônico simples (MHS), mostramos que ela varia em módulo e sentido quando a partícula descreve um movimento harmônico simples. Em particular, vimos que a velocidade é momentaneamente zero nos pontos extremos e máxima no ponto central do movimento (ver Figura 8). Para determinar a função  $v(t)$  que representa a velocidade para qualquer instante de tempo, vamos calcular a derivada da função  $x(t)$  que representa a posição em função de tempo, dada na Eq. (4):

$$\begin{aligned} v(t) &= \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d}{dt} [x_m \cos(\omega t + \varphi)] \\ &= -\omega x_m \text{sen}(\omega t + \varphi). \end{aligned} \quad (8)$$

Na Eq. (8), observamos que a velocidade varia com o tempo, já que a função seno varia com o tempo, entre os valores  $+1$  e  $-1$ . O fator que multiplica a função seno determina os valores extremos da variação de velocidade,  $-\omega x_m$  e  $+\omega x_m$ . Dizemos que  $\omega x_m$  é a amplitude da variação de velocidade  $v_m$ . Quando a partícula passa pelo ponto  $x = 0$  e está se movendo da esquerda para a direita, a velocidade é positiva e o seu módulo tem o maior valor possível. Quando a partícula passa pelo ponto  $x = 0$  e está se movendo da direita para a

esquerda, a velocidade é negativa e o módulo da velocidade tem, novamente, o maior valor possível. O gráfico da Figura 12 mostra a variação da velocidade em relação ao tempo, dada pela Eq. (8), com uma constante de fase  $\varphi = 0$ , que corresponde à variação da posição da partícula com o tempo mostrada na Figura 12 (a).

**Figura 12** – (a) O deslocamento  $x(t)$  de uma partícula que executa um MHS com ângulo de fase  $\varphi$  igual a zero. O período  $T$  corresponde a uma oscilação completa. (b) A velocidade  $v(t)$  da partícula. (c) A aceleração  $a(t)$  da partícula.



Fonte: Halliday (2016, p. 218).

Para encontrarmos a aceleração do movimento harmônico simples (MHS) derivaremos a função velocidade em relação ao tempo:

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d}{dt}[-\omega x_m \text{sen}(\omega t + \varphi)] \quad (9)$$

Obtivemos novamente uma função cosseno, mas desta vez com um sinal negativo. A essa altura, já sabemos interpretar o resultado. A aceleração varia porque a função cosseno varia com o tempo, entre  $-1$  e  $+1$ . O fator que multiplica a função cosseno determina os valores extremos da variação de velocidade,  $-\omega^2 x_m$  e  $+\omega^2 x_m$ , e dizemos que  $a_m = \omega^2 x_m$  é a amplitude da variação de aceleração.

A Figura 12(c) mostra um gráfico referente à Eq. (9) com  $\varphi = 0$ . Note que o módulo da aceleração é zero quando o cosseno é zero, o que acontece quando a partícula está passando pelo ponto  $x = 0$ , e é máximo quando o valor absoluto do cosseno é máximo, ou seja, quando a partícula está passando pelos pontos extremos do movimento. Comparando com as Eq. (4) e (8), obtemos uma relação interessante:

$$a(t) = -\omega^2 x(t). \quad (10)$$

em que (1) a aceleração da partícula tem sempre o sentido contrário ao do deslocamento; (2) a aceleração e o deslocamento estão relacionados por uma constante  $\omega^2$ . Toda vez que observamos essas duas características em um movimento oscilatório (seja, por exemplo, em um sistema massa mola ou no nível da maré em uma baía), podemos dizer imediatamente que se trata de um movimento harmônico simples, e identificar a frequência angular  $\omega$  do movimento. Resumindo, no MHS, a aceleração  $a$  é proporcional ao deslocamento  $x$ , tem o sentido contrário e as duas grandezas estão relacionadas pelo quadrado da frequência angular  $\omega$ .

### 3.1 A lei da força para o movimento harmônico simples

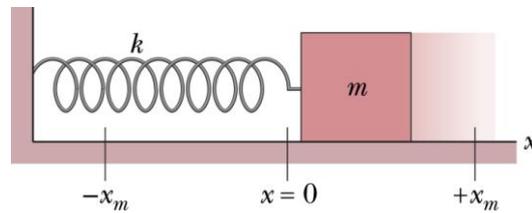
Para Yamamoto & Kazuhito (2016), ao aplicarmos uma força  $\vec{F}$  sobre a partícula, no sentido de esticar ou comprimir a mola, e soltando-a em seguida, ela começa a executar oscilações de período  $T$ . Caso não haja forças dissipativas no sistema, o valor de  $x$  do deslocamento efetuado pela partícula corresponderá à amplitude de sua oscilação em  $x = +x_m$  ou  $x = -x_m$ .

Em virtude desse movimento oscilante, a força  $\vec{F}$  resultante sobre o conjunto é, em qualquer instante, igual à força elástica  $\vec{F}_{el}$  cujo módulo é dado pela Lei de Hooke:  $F_{el} = -k \cdot x$ ,  $-x_m \leq x \leq +x_m$ . De acordo com Halliday (2016), uma vez conhecida a relação entre a aceleração e o deslocamento no MHS (Eq. 10), podemos usar a segunda lei de Newton para determinar qual força deve agir sobre a partícula para que ela adquira essa aceleração, pois

$$F = ma = m(-\omega^2 x) = -m(\omega^2 x). \quad (11)$$

Neste contexto, podemos elucidar que o sinal negativo indica que a força deve ter o sentido oposto ao do deslocamento da partícula. Isso significa que, no MHS, a força é restauradora, no sentido de que se opõe ao deslocamento, tentando fazer com que a partícula volte à posição de equilíbrio  $O$  em  $x = 0$ .

**Figura 13** – Oscilador harmônico linear simples.



**Fonte:** Halliday (2016, p. 220).

Com o intuito de identificarmos a constante elástica do sistema, compararmos as Eq. (1) e Eq. (11), para relacionarmos a constante elástica  $k$  (medida da rigidez da mola) à massa do bloco e à frequência do MHS resultante da seguinte expressão:

$$k = m\omega^2. \quad (12)$$

Portanto, podemos concluir que a Eq. (11) corresponde a uma forma alternativa de se escrever a equação característica do MHS. Pois, o MHS é o movimento executado por uma partícula sujeita a uma força de módulo proporcional ao deslocamento da partícula e orientada no sentido oposto. Sendo assim, o sistema bloco-mola da

Figura 13 constitui um oscilador harmônico linear simples (ou, simplesmente, oscilador linear), cujo termo linear indica que  $F$  é proporcional a  $x$  e não a outra potência de  $x$ . Se, por acaso, depararmos com uma situação em que um objeto está oscilando sob a ação de uma força que é proporcional ao deslocamento e tem o sentido oposto, podemos ter certeza de que se trata de um movimento harmônico simples e que a constante de proporcionalidade entre a força e o deslocamento é análoga à constante elástica  $k$  prevista pela lei de Hooke. Se a massa do objeto é conhecida, é possível calcular a frequência angular do movimento explicitando  $\omega$  na Eq. (12) da seguinte forma:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (13)$$

Portanto, eis a equação que representa a pulsação do movimento harmônico em função das variáveis do sistema massa-mola. Além disso, é possível determinar o período do movimento relacionando as Eq. (6) e (13):

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (14)$$

Após as análises físicas e matemáticas, podemos concluir que as Eq. (13) e (14) mostram que uma mola “dura”, ao possuir um valor elevado de  $k$ , tende a produzir oscilações

com um valor elevado de  $\omega$  (oscilações rápidas) e um valor pequeno do período  $T$  (ciclos curtos); e que um objeto “pesado” (com um valor elevado de  $m$ ) tende a produzir um valor pequeno de  $\omega$  (oscilações lentas) juntamente com um valor elevado do período  $T$  (ciclos longos).

Portanto, todo sistema oscilatório, seja ele um trampolim ou uma corda de violino, possui uma “elasticidade” e uma “inércia” e, portanto, se parece com um oscilador linear. No oscilador linear da

Figura 13, esses elementos estão concentrados em partes diferentes do sistema: A elasticidade está inteiramente na mola, cuja massa desprezamos, e a inércia está inteiramente no bloco, cuja elasticidade é ignorada. Em uma corda de um instrumento musical, por outro lado, os dois elementos estão presentes na corda.

### 3.2 A energia mecânica do movimento harmônico simples

De acordo com Alcarás (2015) a generalização da força  $F = -kx$ , considerando o ponto de equilíbrio sendo  $x = x_0$  é dada por

$$F = -k(x - x_0). \quad (15)$$

Quanto às análises do oscilador, a situação mais simples é aquela onde  $x_0 = 0$ , que nos leva para o estudo da energia potencial do sistema. A energia potencial elástica diz respeito à capacidade do sistema em oscilar e está diretamente relacionada, segundo o princípio da conservação, à força atuante sobre ele pela equação

$$F = -\frac{dU}{dx} \quad (16)$$

ou

$$\vec{F} = -\vec{\nabla}U, \quad (17)$$

que é o caso tridimensional. Contudo, a Eq. (16) descreve um sistema com forças conservativas.

As características físicas de força presente nas Eq. (16) e (17), fornece-nos que a energia potencial elástica da mola é

$$U(x) = U_0 + \frac{1}{2}kx^2, \quad (18)$$

em que  $U_0$  é o potencial da partícula no estado de equilíbrio, então podemos simplificá-lo e supor que o potencial mínimo da partícula na posição de equilíbrio é zero, originando

$$U(x) = \frac{1}{2}kx^2, \quad (19)$$

que é o potencial do oscilador harmônico unidimensional. Substituindo a Eq. (4) em (19), teremos que o potencial para o sistema massa-mola citado anteriormente é escrito por

$$U(x) = \frac{1}{2}kx_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi). \quad (20)$$

Quanto aos potenciais mais complexos, teremos também a necessidade de aplicar o princípio do potencial mínimo em torno da partícula em equilíbrio.

No que se refere a tais complexidades, suporemos um potencial geral que possui um conjunto de mínimos locais. Um desses mínimos locais é  $x = x_0$ . Expandindo o potencial  $U(x)$  numa série de Taylor em torno do ponto  $x_0$ , temos:

$$\begin{aligned} U_x &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \frac{d^n U}{dx^n}(x_0)(x - x_0)^n \\ &= U(x_0) + \left. \frac{dU}{dx} \right|_{x=x_0} (x - x_0) + \frac{1}{2} \left. \frac{d^2 U}{dx^2} \right|_{x=x_0} (x - x_0)^2 + \dots, \end{aligned} \quad (21)$$

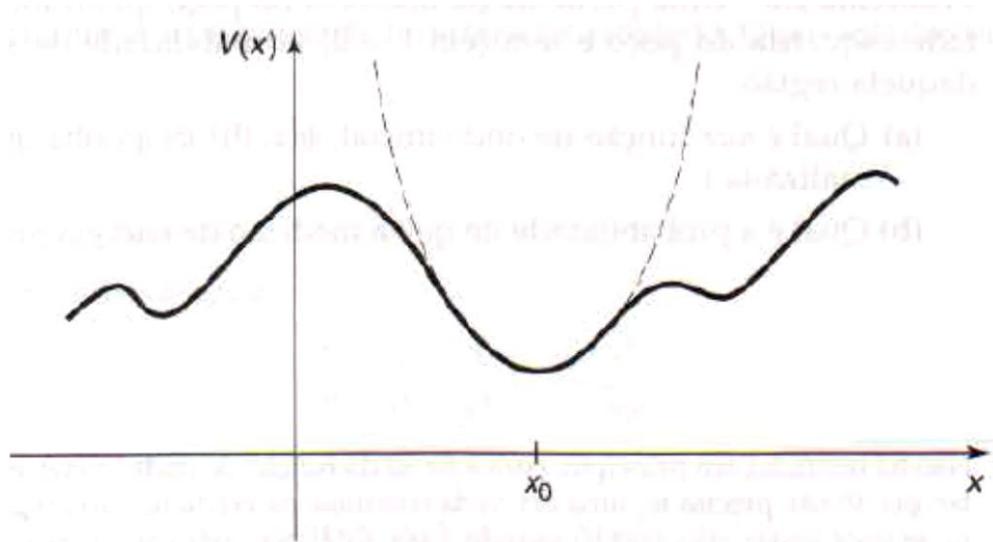
mas se  $x_0$  é o mínimo local, então  $\left. \frac{dU}{dx} \right|_{x=x_0} = 0$  e  $\left. \frac{d^2 U}{dx^2} \right|_{x=x_0} > 0$ . Além disso, se a expansão é feita por vizinhanças suficientemente pequenas de  $x_0$ , os termos  $(x - x_0)^3, (x - x_0)^4, \dots$ , são muito pequenos se comparados a  $(x - x_0)^2$ , de forma que podemos aproximar:

$$U(x) \approx U(x_0) + \frac{1}{2}k(x - x_0)^2, \quad (22)$$

em que  $k = \left. \frac{d^2 V}{dx^2} \right|_{x=x_0} > 0$ . De acordo com Alcarás (2015), esse potencial é igual ao caso mais geral do potencial harmônico. Por isso, podemos sempre aproximar um potencial complicado por um potencial harmônico nas vizinhanças de um ponto de equilíbrio, o que justifica a importância do oscilador harmônico.

Portanto, oscilador harmônico simples é tão importante porque virtualmente, qualquer movimento oscilatório é aproximadamente harmônico simples, contanto que a amplitude seja mínima (GRIFFITHS, 2011, p. 31). Um modelo dessa concepção do Griffiths apresenta-se na Figura 14.

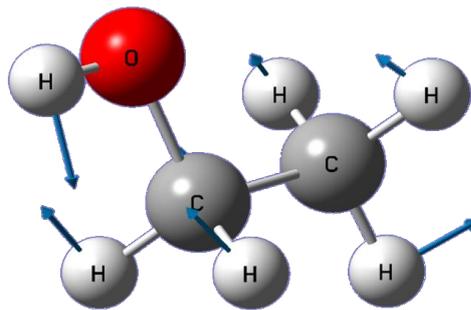
**Figura 14** – Aproximação parabólica de um potencial arbitrário nas proximidades de um mínimo local.



Fonte: Griffiths, 2011, p. 35.

Um sistema que oscila de forma semelhante ao descrito no gráfico acima, encontra-se na Figura 15 abaixo. Nesta figura apresentamos moléculas de etanol que oscilam em torno de um ponto de equilíbrio.

**Figura 15** - Molécula de etanol representando seus modos vibracionais em torno da sua posição de equilíbrio. As setas indicam a orientação das oscilações de cada átomo.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A energia cinética é definida por  $E_{cin} = \frac{1}{2}mv^2$ , assim

$$K(t) = \frac{1}{2}m\omega^2x_m^2\text{sen}^2(\omega t + \varphi). \quad (23)$$

Como  $\omega^2 = \frac{k}{m}$ , então

$$K(t) = \frac{1}{2} kx_m^2 \text{sen}^2(\omega t + \varphi). \quad (24)$$

Agora vamos demonstrar como a energia mecânica num oscilador harmônico permanece constante, ou seja,

$$E = K + U. \quad (25)$$

Então, se substituirmos na Eq. (25) as Eq. (20) e (24), teremos que

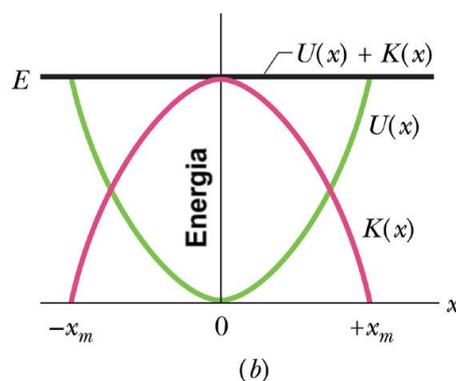
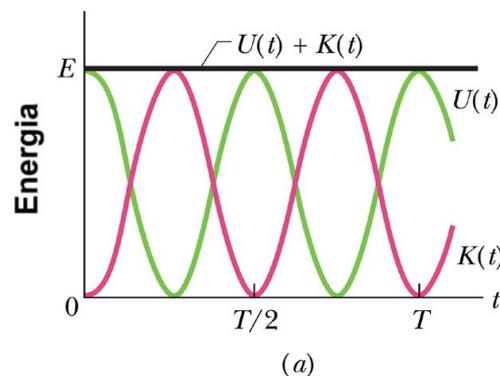
$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} kx_m^2 \text{sen}^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2} kx_m^2 \text{cos}^2(\omega t + \varphi) \\ &= \frac{1}{2} kx_m^2 [\text{sen}^2(\omega t + \varphi) + \text{cos}^2(\omega t + \varphi)] \end{aligned} \quad (26)$$

e utilizando a identidade  $\text{cos}^2 \alpha + \text{sen}^2 \alpha = 1$ , encontraremos que

$$E = \frac{1}{2} kx_m^2, \quad (27)$$

o que mostra que a energia mecânica de um oscilador linear é constante e independente do tempo. Na Figura 16 temos a variação de energia em um oscilador harmônico linear.

**Figura 16** – (a) Variação da energia cinética e potencial em relação ao tempo. (b) Variação da amplitude de Oscilação. Ambos para um oscilador harmônico linear.



Fonte: Halliday (2016, p. 227).

### 3.3 O pêndulo simples

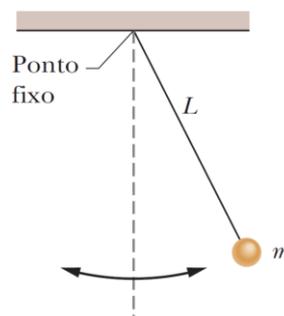
Voltamos agora nossa atenção para uma classe de osciladores harmônicos simples nos quais a força de retorno está associada à gravitação e não às propriedades elásticas de um fio torcido ou de uma mola alongada ou comprimida (HALLIDAY, 2016).

Aqui vamos estudar um outro tipo de movimento, que ocorre cotidianamente e que muitas vezes não nos damos conta: o movimento de um balanço, da corda de um violão ou de uma agulha na máquina de costura.

As primeiras observações sistematizadas desses movimentos datam de 1583. Quando ainda era um jovem estudante, Galileu observou as oscilações de um candelabro dependurado na catedral de Pisa (Itália) e chegou à conclusão de que o “tempo de vaivém” do candelabro era constante, independentemente de qual fosse a amplitude (ângulo) das oscilações. Essa constatação serviu para que Christian Huygens construísse os primeiros relógios de pêndulo, em 1657, na Holanda (YAMAMOTO; KAZUHITO, 2016).

Em Halliday (2016) encontramos a pergunta: se uma maçã é posta para balançar na extremidade de um fio longo, ela descreve um movimento harmônico simples? Caso a resposta seja afirmativa, qual é o período  $T$  do movimento? Para responder a essas perguntas, consideremos um pêndulo simples, composto por uma partícula de massa  $m$  (chamada de peso do pêndulo) suspensa por um fio inextensível, de massa desprezível e comprimento  $L$ , como na Figura 17. O peso está livre para oscilar no plano do papel, para a esquerda e para a direita de uma reta vertical que passa pelo ponto de suspensão do fio.

**Figura 17** – Pêndulo Simples.

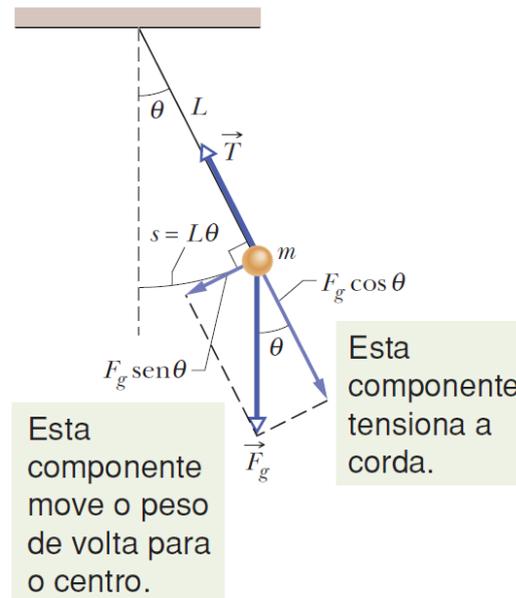


**Fonte:** Halliday (2016, p. 233).

Ao ser abandonado, o pêndulo oscila em torno de uma posição de equilíbrio, dado na Figura 17, num movimento periódico e simétrico em torno desse ponto. Quando a massa  $m$  oscila nessa posição de equilíbrio, as forças que agem sobre ela são a tração  $\vec{T}$  exercida pelo

fio e a força gravitacional  $\vec{F}_g$ , como mostra a Figura 18, na qual o fio faz um ângulo  $\theta$  com a vertical.

**Figura 18** – Componente das forças no Pêndulo Simples



**Fonte:** Halliday (2016, p. 233).

De acordo com Yamamoto e Kazuhito (2016), ao desprezarmos as forças dissipativas (atritos do fio com o ponto de fixação e resistência do ar) e obedecendo ao princípio de conservação da energia mecânica, a velocidade instantânea do pêndulo é máxima quando ele passa pela posição de equilíbrio, sendo nula nos extremos da trajetória.

O movimento oscilante do pêndulo, em qualquer ponto da trajetória, fica sujeito a duas forças: a tração  $\vec{T}$  aplicada pelo fio e a força gravitacional  $\vec{F}_g$ . Ao decompor a força  $\vec{F}_g$  em uma componente radial  $F_g \cos \theta$  e uma componente tangencial  $F_g \sin \theta$  tangente à trajetória do peso, observa-se que a componente tangencial produz um torque restaurador em relação ao ponto de suspensão do pêndulo que sempre age no sentido oposto ao do deslocamento do peso, tendendo levá-lo de volta ao ponto central. O ponto central ( $\theta = 0$ ) é chamado de posição de equilíbrio porque o pêndulo ficaria parado nesse ponto se não estivesse oscilando (HALLIDAY, 2016).

Para identificarmos o torque restaurador, partimos da definição do torque  $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ , em que temos o seu módulo definido como  $\tau = (r \sin \theta)(F) = r_{\perp} F$ , em que  $r_{\perp}$  é a distância perpendicular entre o eixo de rotação que passa por O e uma reta que coincide com a

direção do vetor  $\vec{F}$ . Sendo assim, o torque restaurador realizado pelo pêndulo pode ser escrito na forma

$$\tau = -L(F_g \text{sen}\theta), \quad (28)$$

o sinal negativo indica o torque agindo no sentido de reduzir o valor de  $\theta$ , e  $L$  é o braço de alavanca da componente  $F_g \text{sen}\theta$  da força gravitacional em relação ao ponto de suspensão do pêndulo.

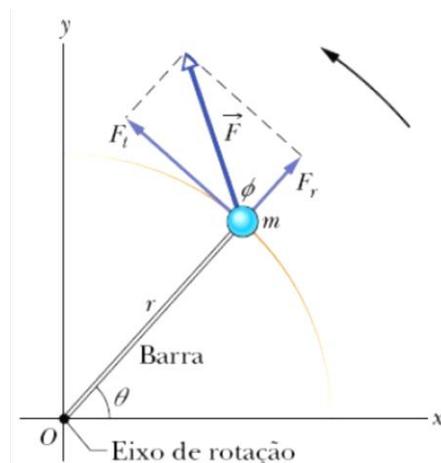
Com o intuito de relacionarmos a força gravitacional com o a aceleração angular do pêndulo, substituímos a Eq. (28) na equação ( $\tau = I\alpha$ ) e substituindo o módulo de  $\vec{F}_g$  por  $mg$ , tal que

$$-L(mg \text{sen}\theta) = I\alpha, \quad (29)$$

em que  $I$  é o momento de inércia do pêndulo em relação ao ponto de suspensão e  $\alpha$  é a aceleração angular do pêndulo em relação a esse ponto.

Para que possamos compreender o surgimento e importância da equação ( $\tau = I\alpha$ ), iremos demonstrá-la considerando a situação simples conforme mostra a Figura 19, em que o corpo rígido é constituído por uma partícula de massa  $m$  na extremidade de uma barra, de massa desprezível, de comprimento  $r$ . A barra pode se mover apenas girando em torno de um eixo, perpendicular ao plano do papel, que passa pela outra extremidade da barra. Isso significa que a partícula descreve uma trajetória circular com o centro no eixo de rotação.

**Figura 19** – Um corpo rígido simples, livre para girar em torno de um eixo que passa por  $O$ , é formado por uma partícula de massa  $m$  presa na extremidade de uma barra de comprimento  $r$  e massa desprezível. A aplicação de uma força  $\vec{F}$  faz o corpo girar.



Fonte: Halliday, Vol. 1, 2016, p. 643

Para que esse movimento rotacional ocorra, é necessário que haja uma força agindo sobre a partícula. Como, porém, a partícula só pode se mover ao longo de uma trajetória circular, apenas a componente tangencial  $F_t$  da força (a componente que é tangente à trajetória circular) pode acelerar a partícula ao longo da trajetória. Podemos relacionar  $F_t$  à aceleração tangencial  $a_t$  da partícula ao longo da trajetória por meio da segunda lei de Newton, escrevendo

$$F_t = ma_t, \quad (30)$$

De acordo com a definição do torque  $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ , em que seu módulo pode ser definido por  $\tau = (r)(F \text{sen} \theta) = rF_t$ , já mencionada anteriormente, agora apresentada de outra forma, age sobre a partícula regida pela seguinte equação

$$\tau = F_t r = ma_t r. \quad (31)$$

Nesse processo, a aceleração  $a_t$  será evidenciada ao derivarmos a equação

$$v = \omega r, \quad (32)$$

do movimento circular uniforme em relação ao tempo, mantendo  $r$  constante,

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d\omega}{dt} r \therefore a_t = \alpha r. \quad (33)$$

O resultado dessa derivada nos mostra que o termo  $\frac{dv}{dt}$  representa apenas a parte da aceleração linear responsável por variações do módulo  $\vec{v}$  da velocidade linear. Assim como, essa parte da aceleração linear é tangente à trajetória do ponto considerado, podemos relacioná-la com o torque da seguinte forma:

$$\tau = F_t r = m(\alpha r)r = (mr^2)\alpha. \quad (34)$$

Sendo assim, a grandeza entre parênteses na Eq. (34) corresponde ao momento de inércia da partícula em relação ao seu eixo de rotação, conforme mostra a definição do momento de inércia do corpo em relação ao eixo de rotação ( $I = \sum m_i r_i^2 = mr^2$ ). Comparando esta definição com a Eq. 34 obtivemos

$$\tau = I\alpha, \quad (35)$$

em que  $I$  representa o momento de inércia e  $\alpha$  o ângulo medido em radianos.

Ao retomarmos a análise da Eq. (29), em que  $I$  representa o momento de inércia do pêndulo em relação ao ponto de suspensão e  $\alpha$  a aceleração angular do pêndulo em relação a esse ponto, esta equação pode ser simplificada supondo que o ângulo  $\theta$  seja bem pequeno, pois, nesse caso, podemos substituir  $\text{sen} \theta$  por  $\theta$  (expresso em radianos). A exemplo dessa aproximação, podemos considerar se  $\theta = 5,00^\circ = 0,0873 \text{ rad}$ . Então,  $\text{sen} \theta = 0,0872$  é uma diferença de apenas 0,1%. Utilizando-se dessa aproximação e explicitando  $\alpha$ , obtemos

$$\alpha = -\frac{mgL}{I}\theta. \quad (36)$$

Portanto, a Eq. (36) é o equivalente angular da Eq. (10), pois a equação apresenta uma relação característica do MHS. Ela mostra também que a aceleração angular  $\alpha$  do pêndulo é proporcional ao deslocamento angular  $\theta$  com o sinal oposto. Assim, quando o peso do pêndulo se move para a direita, como na Figura 17 a aceleração para a esquerda aumenta até o peso parar e começar a se mover para a direita novamente. Quando o peso está à esquerda da posição de equilíbrio, a aceleração para a direita tende a fazê-lo voltar para a direita, e assim por diante, o que produz um MHS. Mais precisamente, o movimento de um pêndulo simples no qual o ângulo máximo de deslocamento é pequeno e pode ser aproximado por um MHS. Podemos expressar essa restrição de outra forma: A amplitude angular  $u_m$  do movimento deve ser pequena.

Podemos usar um artifício engenhoso para obter a frequência angular de um pêndulo simples. Como a Eq. (36) tem a mesma forma da Eq. (10) do MHS, concluímos que a frequência angular é a raiz quadrada das constantes que multiplicam o deslocamento angular:

$$\omega = \sqrt{\frac{mgL}{I}}. \quad (37)$$

Em algum momento podemos nos deparar com sistemas oscilatórios que não se parecem com pêndulos. Mesmo assim, se pudermos obter uma equação que relacione a aceleração (linear ou angular) ao deslocamento (linear ou angular), poderemos obter imediatamente uma expressão para a frequência angular, como acabamos de fazer usando a analogia entre a Eq. (30) e a Eq. (8).

Substituindo a expressão de  $\omega$  da Eq. 6 ( $\omega = 2\pi/T$ ) na Eq. (37), obtemos uma expressão para o período:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgL}}. \quad (38)$$

Portanto, a Eq. (38) é válida para descrever o período de oscilação de qualquer pêndulo, inclusive o pêndulo de Foucault que será tema de uma das Sequência de Ensino Investigativa (SEI) no produto educacional deste trabalho. Entretanto, toda a massa de um pêndulo simples está concentrada na massa  $m$  do peso do pêndulo, que está a uma distância  $L$  do ponto de suspensão. Assim, podemos usar a definição do momento de inércia

$$I = \sum m_i r_i^2 = mr^2 \quad (39)$$

para escrever

$$I = mL^2 \quad (40)$$

como o momento de inércia do pêndulo. Substituindo a Eq. (40) em (38) e simplificando-a, obtemos

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}. \quad (41)$$

A modelagem apresenta neste capítulo será aplicada a partir da principal ferramenta de construção deste trabalho que é a SEI. Esta sequência desenvolverá a aprendizagem significativa do aluno a partir da mediação do professor e do auxílio do *software* Modellus, que fará uso das principais definições aqui abordadas para melhor ilustrar os fenômenos físicos descritos. No capítulo seguinte apresentamos a maneira como devemos construir uma SEI.

## 4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo apresentaremos as SEIs elaboradas como proposta a desenvolver a aprendizagem significativa no aluno a partir da mediação do professor, que juntamente com o auxílio do *software* Modellus, fará uso das principais definições abordadas para melhor ilustrar os fenômenos físicos aqui descritos.

### 4.1 Sequências de Ensino Investigativas: uma estratégia para construção do conhecimento no Ensino de Física

Em Carvalho (2013) constatamos que desde meados do século XX a educação vem sofrendo câmbios significativos, seguindo bem de perto as modificações de nossa própria sociedade. Mediante a isto, as escolas modificaram-se com o intuito de atender sua nova clientela jovial originada desse novo meio social.

Entretanto, algo nos chama atenção quanto ao processo de ensino aprendizagem dessa nova geração de alunos que continuam vinculados aos conhecimentos das gerações anteriores, que trazem uma metodologia um tanto quanto tradicional, em que alunos tem a tendência de replicar aquilo que decoraram durante a exposição do professor. Contudo, houve e há a necessidade de mudar esse modelo de Ensino, inserindo novas perspectivas que possam aprimorar, com maior ênfase, o processo de construção do conhecimento e não da quantidade armazenada. Esta proposta qualifica a aprendizagem, levando o professor a focar nos conhecimentos essenciais transmitidos e construídos junto ao aluno. Outro ponto a destacar nessa mudança do ensinar e aprender foi elucidado nos trabalhos de epistemólogos e sociólogos, como Vigotsky (1984) e seus seguidores, em construir e desenvolver o conhecimento em nível individual e social. Por isso, propomos um método de ensino por investigação, atrelado às tecnologias da informação, como forma de melhorar o processo de obtenção do conhecimento do aluno.

Em sua teoria, Ausubel (2003) defende que o principal processo de aprendizagem significativa é por recepção, não por descoberta. E, contrariamente a muitos outros autores, argumenta que a aprendizagem significativa por recepção não é um processo passivo. Pelo contrário, é, necessariamente, um processo ativo, que exige ação e reflexão do aprendiz e que é facilitada pela organização cuidadosa das matérias e das experiências de ensino.

Um outro conceito criado por Vigotsky, diz respeito ao processo de aprendizagem que chegou ao Brasil como zona de desenvolvimento proximal real, [...] Trata-se de um estágio do processo de aprendizagem em que o aluno consegue fazer sozinho, ou com a colaboração de colegas mais adiantados, o que antes fazia com auxílio do professor, isto é, dispensa a mediação do professor (Vigotsky 1988, p. 56). Trouxemos a visão Vigotskyana para complementar as inovações que devem ser feitas na aprendizagem do aluno em plena era tecnológica, porque o produto que fora aplicado em sala de aula, também, requer esse tipo de interação. A aplicação da SEI auxiliada pelo *software* Modellus será aplicada em grupo de alunos para que haja esse auxílio entre eles além da mediação do professor.

Desta forma, Carvalho (2013) nos mostra que o planejamento de uma SEI que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito e/ou conhecimento, deve iniciar por atividades manipulativas. Para atingir esse objetivo é necessário que o professor proponha um experimento, um jogo ou até mesmo um texto que anteceda a situação problema ou questões a serem resolvidas. No caso desta pesquisa, propomos uma SEI que traz no seu bojo um texto contextualizado, para embasar as questões investigativas no trabalho de sala de aula com os alunos, na qual o professor possa ter ações, que perpassam por etapas, da ação manipulativa para a construção intelectual do conteúdo abstraído.

A mediação é o conceito central da psicologia de Vigotsky (1984, p.11), pois, segundo este autor, a utilização de aspectos, que são sociais e culturalmente construídos, têm efeitos sobre a mente dos alunos e sobre o contexto da sala de aula. Outro conceito trazido por essa teoria que influenciou a escola, de maneira geral, foi o conceito de 'zona de desenvolvimento proximal' (ZDP) que define a distância entre o "nível de desenvolvimento real", determinado pela capacidade do aluno em resolver um problema sem ajuda, e o "nível de desenvolvimento potencial", determinado através de resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro companheiro. Em outras palavras, Carvalho (2013) nos diz que o desenvolvimento potencial é o conjunto de conhecimentos e habilidades que a pessoa tem a potencialidade de aprender, mas ainda não completou o processo. Porém, são potencialmente atingíveis com a orientação de outro, podendo esse outro ser um adulto (o professor) ou um colega de classe. Este último conceito se adequa ao que propomos em uma sequência de ensino que foca a mediação do professor e do colega de turma em um trabalho em equipe.

Ainda relacionando a SEI com a teoria sócio interacionista de Vigotsky, observamos a importância do papel do professor na potencialização da construção do

conhecimento do aluno. Além da relação professor aluno, este, também, apresenta condições de desenvolver suas potencialidades de conhecimento e habilidades com orientação dos seus colegas. Dentro desse conceito social, os trabalhos em grupo assumem um papel de destaque na sala de aula passando de uma atividade simples do professor para uma necessidade quando o ensino tem por objetivo a construção do conhecimento pelos alunos. Para que esta atividade se torne eficaz, a proposta apresentada aos alunos deve conter conteúdos e/ou habilidades a serem discutidos no momento, em que terão a oportunidade de trocar ideias e ajudar-se mutuamente no trabalho coletivo.

Para o desenvolvimento das habilidades, Vigotsky (1984) responsabiliza o professor na construção do novo conhecimento, dentro de uma proposta sócio interacionista, mostrando que este tem condições de conduzir os alunos da zona de desenvolvimento real para um possível desenvolvimento potencial. Pois, segundo ele, o desenvolvimento consiste em um processo de aprendizagem dos usos das ferramentas intelectuais, através da interação social com outros mais experimentados no uso dessas ferramentas. Essas proposições apresentadas acima estão em uníssono com a SEI que apresentamos neste trabalho.

A questão particular para a construção da SEI proposta nesta pesquisa potencializa o desenvolvimento da aprendizagem dentro de uma sequência investigativa. Bachelard (1938) propõe que todo o conhecimento é a resposta de uma questão. Entretanto, não deve ser uma questão ou um problema qualquer. Essa questão ou este problema, para ser uma questão direcionada aos alunos, deve estar dentro de sua cultura, sendo interessante para eles de tal modo que se envolvam na procura de buscarem uma solução que permita aos mesmos exporem seus conhecimentos espontaneamente sobre o assunto.

Para que a concepção acima ocorra é necessário delinear alguns caminhos que possam mudar a concepção do aluno de uma experimentação espontânea para uma experimentação científica, isto é, que este possa construir seu conhecimento. Não há um método infalível para esta construção, mas existem etapas que nos induzem a esse roteiro. Um deles é a elaboração e o teste de hipóteses. O problema e os conhecimentos prévios, espontâneos ou já adquiridos, devem dar condições para que os alunos construam suas hipóteses e possam testá-las procurando resolver o problema. A solução do problema deve levar à explicação do contexto mostrando aos alunos que Ciência não é a natureza, mas que leva a uma explicação da natureza. Locatelli e Carvalho (2007) corroboram essa opinião e afirmam que é nessa etapa que aparecem raciocínios científicos como ‘se’/‘então’,

relacionando duas variáveis e a eliminação de variáveis que foram levantadas como hipótese, mas que a realidade mostrou a não interferência no problema.

No contexto acima, há vários elementos que se cruzam, como os objetivos e objeto desta pesquisa, um deles é o conhecimento prévio, conhecimento espontâneo ou já adquirido que nos remete aos subsunçores que é tratado por Ausubel, Moreira e demais adeptos da corrente construtivista. Esses elementos, ditos essenciais na construção de uma SEI, fazem parte do momento inicial de aplicação desta pesquisa.

Para descrevermos esses elementos essenciais que predominam a construção de uma SEI, destacamos a teoria de Ausubel (2003) que define a estrutura cognitiva como um conjunto hierárquico de subsunçores dinâmicos e relacionados, cujo conhecimento prévio (subsunçores) correspondem à interação entre novos significados e é definido a partir de ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, que emergem de significados verdadeiros ou psicológicos. Assim, os novos conhecimentos adquirem significados e os conhecimentos prévios se modificam. Portanto, a aquisição de novos significados depende de aspectos estruturais cognitivos que se fazem necessários para a reestruturação da nova informação.

De acordo com Moreira (2011, p. 18), subsunçor “é um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos”. O autor destaca ainda que esse pode ser uma concepção, um constructo, uma proposição, uma representação ou até mesmo um modelo.

Nesse sentido, a aprendizagem significativa envolve “a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado” (AUSUBEL, 2003, p. 3). Para o teórico, o novo material tem de guardar uma relação não arbitrária e não literal com aquilo que está na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, deve existir um significado lógico nessa apresentação. Porém, observa que a aprendizagem significativa não deve ser confundida com material significativo, já que o material de aprendizagem é apenas potencialmente significativo para o aprendiz (aluno). Não existe livro que possa ser considerado significativo, nem aula significativa, já que “o significado está na pessoa, não nos materiais” (MOREIRA, 2011a, p. 25).

Dessa forma, Ausubel (2003) relaciona as condições para a ocorrência da aprendizagem significativa: 1) a aprendizagem deve ser realizada a partir do que o aluno já sabe (conhecimentos prévios); 2) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e deve possuir significado lógico para o aluno; 3) o aprendiz (sujeito) deve ter

subsunçores relevantes e específicos nos quais possam ser “ancoradas” novas ideias para dar significado ao novo conhecimento; 4) o sujeito deve apresentar predisposição para aprender.

Para elucidar a quarta condição de ocorrência da aprendizagem significativa, Moreira, Caballero e Rodríguez (1997, p. 31) mencionam:

Predisposição para aprender e aprendizagem significativa guardam entre si uma relação praticamente circular: a aprendizagem significativa requer predisposição para aprender e ao mesmo tempo, gera este tipo de experiência afetiva.

Na perspectiva da teoria de Ausubel (2003), os conhecimentos prévios são importantes na aprendizagem significativa, porém se os professores perceberem que os alunos não possuem conhecimentos sobre o conteúdo que eles pretendem ensinar, o que deve ser feito? O mesmo autor ainda propôs a utilização de organizadores avançados como um mecanismo pedagógico que ajuda na ligação entre o que o aprendiz já sabe com aquilo que ele precisa saber.

Organizadores podem ser materiais introdutórios apresentados em nível mais alto de generalidade e exclusividade, formulados de acordo com conhecimentos que o aluno tem que faria a ponte cognitiva entre estes conhecimentos e aqueles que o aluno deveria ter para que o material fosse potencialmente significativo (MOREIRA, 2011a, p. 45).

Continua Moreira (2011a, p. 30), organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível alto de abstração, generalidade em relação ao material de aprendizagem. A utilização de organizadores, segundo o autor acima mencionado é indicado antes da apresentação do material, já que assim, esses organizadores farão a “ponte” entre o que o aluno sabe com o que ele deveria aprender. Nesse sentido, os organizadores prévios poderão provocar a “ancoragem ideacional em termos que não são familiares ao aprendiz” (MOREIRA, 2011a, p. 30).

Portanto, Moreira (2011a), orienta que os organizadores podem ser empregados para prover a ausência de subsunçores ou para revelar a relacionalidade e a discriminabilidade entre novos conhecimentos e os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do aluno, já que muitas vezes o aluno não consegue relacionar o material apresentado com seus conhecimentos prévios. Para que o aluno possa atingir a aprendizagem significativa, o mesmo autor confirma que esta acontece quando as ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Segundo o autor, o termo “substantivo” se refere a não literal, ou seja, não deve ser considerado ao pé da letra. Já a não arbitrária significa que essa interação não é com qualquer ideia prévia, e, sim, com os

conhecimentos prévios (subsunçores) relevantes presentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Desta forma, os questionamentos levantados pelo professor deverão suscitar no aluno a busca por dados informativos que resolvam o problema, justificativas para suas respostas, fazê-los sistematizar raciocínio utilizando termos como ‘se’/ ‘então’/ ‘portanto’ ou o raciocínio das relações de proporcionalidade entre as grandezas, ou seja, se uma delas aumenta a outra diminui ou se uma diminui a outra também diminui e vice versa. Neste caso, a linguagem científica e argumentativa irá se formando no processo de ensino-aprendizagem. Dentro do Ensino de Ciências é necessário que haja o domínio dessa linguagem científica, pois esta fala característica faz com que os alunos desenvolvam seu conceito cotidiano para um científico. Pensando assim, Lemke (1997, p. 105) nos diz:

[...] ensinar Ciência, ou qualquer matéria, não queremos que os alunos simplesmente repitam as palavras como papagaios. Queremos que sejam capazes de construir significados essenciais com suas próprias palavras [...] mas estas devem expressar os mesmos significados essenciais se não de ser cientificamente aceitáveis.

Além disso, a linguagem das Ciências não é só uma linguagem verbal. Para Carvalho (2013) as Ciências necessitam da linguagem matemática para expressar suas construções de figuras, tabelas e gráficos. Portanto, temos de prestar atenção nas outras linguagens, uma vez que somente as linguagens verbais – oral e escrita – não são suficientes para comunicar o conhecimento científico. Por isso, devemos integrar, de maneira coerente, todas as linguagens, introduzindo os alunos nos diferentes modos de comunicação que cada uma das disciplinas utiliza, além da linguagem verbal, para a construção de seu conhecimento.

Introduzir os alunos nas diversas linguagens das Ciências é na verdade introduzi-los na cultura científica, pois como Lemke (1997) propõe: “ensinar Ciências é ensinar a falar Ciências”. E essa introdução deve ser feita, pelo professor, pois é ele o adulto mais experiente na sala de aula, com muito cuidado, levando os alunos da linguagem cotidiana à linguagem científica, por meio de cooperações e especializações entre elas.

#### **4.2 Construindo uma sequência de ensino investigativa**

A primeira SEI trata dos princípios físicos que regem o movimento de um pêndulo oscilante. Como material instrucional de contextualização para sua aplicação,

utilizamos um texto que relata sobre a importância e o funcionamento do pêndulo de Foucault. A segunda SEI aborda as características físicas do oscilador harmônico simples e seu acoplamento massa-mola, a partir das interpretações físicas contidas no texto “O Funcionamento e detalhes das molas de suspensão”.

Para que possamos aplicar cada uma dessas sequências, buscando os indícios da aprendizagem significativa do aluno, devemos desenvolver seus conhecimentos prévios para consolidarmos os conceitos físicos que devem fazer parte do seu aspecto cognitivo durante o desenvolvimento da aprendizagem de sua aplicação. As aulas que antecedem a aplicação da sequência, preveem o que Ausubel (2003), Moreira (2011a), Carvalho (2013), e outros seguidores da corrente construtivista, chamam de subsunçores relevantes na estrutura cognitiva do aluno no processo de ensino aprendizagem. Na aplicação da primeira SEI utilizamos doze (12) aulas para desenvolvê-la em sala de aula; sendo quatro aulas para desenvolver conhecimentos prévios, quatro aulas para interpretação textual e análise das definições físico matemáticas e mais quatro aulas para desenvolver as atividades de aprendizagem significativas com o uso do *software* Modellus no laboratório de informática da escola.

## **5 O MODELLUS E SUA FUNCIONALIDADE DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Os sujeitos da pesquisa foram trinta e três alunos de uma única turma, matriculados na segunda série do Ensino Médio no turno matutino, na escola pública estadual de Ensino Médio José de Anchieta localizada no município de Pinheiro no Maranhão. Este município registrou no último censo (IBGE 2010), uma população de setenta e oito mil cento e setenta e duas pessoas (78.162 mil) com densidade demográfica de 51,67 hab/km<sup>2</sup>, contendo vinte (20) escolas de Ensino médio; sua estimativa populacional para 2018 foi estimada em oitenta e dois mil novecentos e noventa pessoas (82.990).

No município de Pinheiro-MA, as escolas estaduais oferecem à comunidade urbana e rural um Ensino público na sua melhor perspectiva possível. Além das escolas que funcionam nos turnos matutino e vespertino o Estado ainda oferece uma escola de tempo integral para atender e suprir as necessidades do ensino e aprendizagem neste município. Esse processo de preparação para o ingresso nas universidades e outras carreiras no mercado de trabalho duram três anos. De acordo com o último censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), Pinheiro tem a décima segunda maior concentração populacional do estado do Maranhão e o primeiro em concentração populacional na sua microrregião.

Na Escola José de Anchieta, as turmas são compostas por alunos de diversas esferas sociais, com idades que variam entre quatorze a dezessete anos. Cada turma é formada com trinta e cinco a quarenta alunos por sala de aula. O ingresso é via matrícula on-line no sistema da SEDUC-MA, que tem como característica a entrada de alunos de diversas etnias e culturas, já que a região na qual está inserido valoriza a formação histórica, étnica e cultural deixada nesta região.

A escola José de Anchieta possui infraestrutura deficitária assim como outras escolas estaduais no município, não há laboratórios de Informática equipados com computadores para todos os alunos, não há um laboratório didático experimental de Física, Química e de Biologia. Além disso, possui doze salas de aula, biblioteca com pouca infraestrutura, área de convivência, secretaria acadêmica, sala do setor pedagógico, sala de coordenações, sala de professores e setor administrativo.

No município de Pinheiro, a infraestrutura para habitação é deficitária, sendo que a maioria da população convive com esgoto em sarjetas e baixíssimo índice de cuidados com a coleta de lixo. Todo o esgoto da cidade não é tratado e é despejado direto na bacia do Rio Pericumã que além de banhar uma boa parte da cidade é fonte de renda e alimentação dos pescadores da região.

Segundo dados do MEC (Ministério da Educação e Cultura), o município de Pinheiro em 2015, obteve rendimentos educacionais dos alunos nos anos iniciais da rede pública com média de 5 no IDEB. Para os alunos dos anos finais, essa nota foi de 3.9. Na comparação com cidades do mesmo estado, a nota dos alunos dos anos iniciais colocava esta cidade na posição 7 de 217. Considerando a nota dos alunos dos anos finais, a posição passava a 33 de 217. A taxa de escolarização (para pessoas de 6 a 14 anos) foi de 96.6 em 2010. Isso classificava o município na posição 117 de 217 dentre as cidades do estado e na posição 4099 de 5570 dentre as cidades do Brasil.

**Quadro 2** - Evolução da aprendizagem no 9º ano do Ensino Fundamental no município de Pinheiro – Maranhão.

8ª série/ 9º ano	IDEB OBSERVADO					META PROJETADA				
	2009	2011	2013	2015	2017	2009	2011	2013	2015	2017
Pinheiro	3,4	3,7	3,9	3,9	3,9	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2

Fonte: <http://ideb.inep.gov.br/resultado/>

Apesar das metas estarem em consonância com os resultados, ainda precisamos caminhar bastante para atingir a excelência na educação. Portanto, propomos um tratamento diferenciado no ensino, com possibilidades de práticas pedagógicas dinâmicas e interativas, que facilitaria um melhor rendimento do aluno na escola. Uma opção no ensino é a utilização do computador (com aplicação de *software* educativo), já que este oferece vantagens e possibilidades na melhoria do ensino e da aprendizagem.

Mediante fatores que ainda são empecilhos para melhorar as práticas pedagógicas na sala de aula, diante da necessidade de cada aluno, as condições extraescolares destes devem ser levadas em consideração. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), no seu art. 26, orienta as escolas a adequarem seu currículo com as características regionais e locais, colocando os aspectos sociais e econômicos como referência inicial nessa formação. Esses aspectos têm influência nos processos de ensino e de aprendizagem dos estudantes da nossa região.

Sabendo que as características locais têm ligação direta com economia do município, a seguir relato brevemente sobre a economia em que estão inseridos os estudantes da Escola José de Anchieta no município de Pinheiro no Maranhão.

De acordo com o PNUD, IPEA e FJP, a renda per capita média de Pinheiro cresceu 153,05% nas últimas duas décadas, passando de R\$ 115,74, em 1991, para R\$ 165,07, em 2000, e para R\$ 292,88, em 2010. Isso equivale a uma taxa média anual de crescimento nesse período de 5,01%. A taxa média anual de crescimento foi de 4,02%, entre 1991 e 2000, e 5,90%, entre 2000 e 2010. A proporção de pessoas pobres, ou seja, com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 140,00 (a preços de agosto de 2010), passou de 80,55%, em 1991, para 65,52%, em 2000, e para 36,43%, em 2010. A evolução da desigualdade de renda nesses dois períodos pode ser descrita através do Índice de Gini<sup>3</sup>, que passou de 0,57, em 1991, para 0,57, em 2000, e para 0,51, em 2010.

Em 2010, das pessoas ocupadas na faixa etária de 18 anos ou mais do município, 35,11% trabalhavam no setor agropecuário, 0,14% na indústria extrativa, 4,50% na indústria de transformação, 9,12% no setor de construção, 0,74% nos setores de utilidade pública, 17,06% no comércio e 31,07% no setor de serviços.

É neste contexto histórico, social e cultural que as escolas estaduais se encontram na cidade de Pinheiro onde realizei a pesquisa aqui apresentada.

O desenvolvimento desta pesquisa utilizando o *software* educacional Modellus, como parte da SEI, deu-se na turma 203 da escola pública estadual de Ensino Médio José de Anchieta localizada na cidade de Pinheiro município do Maranhão. Neste capítulo apresentamos a proposta metodológica da dissertação para o uso da SEI com o auxílio do Modellus na sua implementação.

Para construção e aplicação da proposta pedagógica, inicialmente foi repassado aos alunos o Termo de Adesão presente no Apêndice A.1, solicitando que os alunos o levassem aos seus responsáveis para que estes pudessem assinar. Após esta anuência, aplicou-se o questionário de perfil (Apêndice A.2).

Nas aulas seguintes, aplicou-se a atividade de conhecimentos prévios em oscilações (Apêndice A.3) com o intuito de identificar a capacidade dos alunos em compreender tal conteúdo em um contexto diferenciado a partir de seus conhecimentos

---

<sup>3</sup> É um instrumento usado para medir o grau de concentração de renda. Ele aponta a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Numericamente, varia de 0 a 1, sendo que 0 representa a situação de total igualdade, ou seja, todos têm a mesma renda, e o valor 1 significa completa desigualdade de renda, ou seja, se uma só pessoa detém toda a renda do lugar.

prévios. Os dados adquiridos nos questionários foram analisados, sendo, inicialmente, abordadas as dezesseis questões referentes ao perfil dos alunos e onze questões referentes aos conhecimentos prévios.

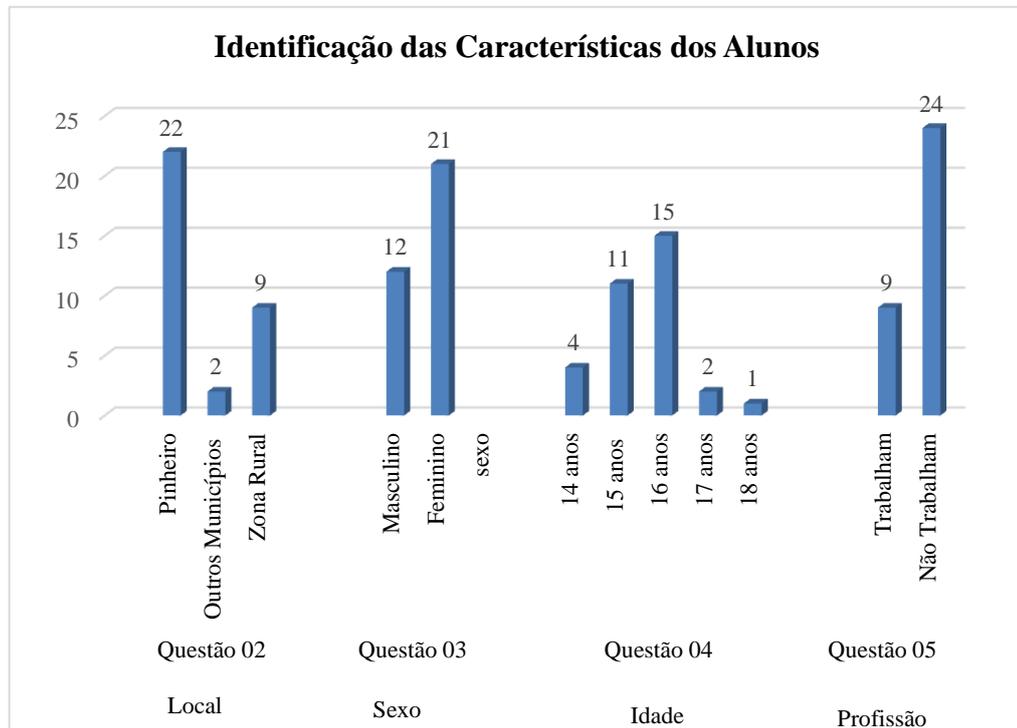
Os questionários referentes às duas sequências foram analisados qualitativamente em dois cenários diferentes a fim de comparar resultados entre si, entre o antes e o depois da aplicação da proposta. A primeira SEI é composta por oito questões e a segunda possui quatro questões, ambas aplicadas em momentos distintos junto aos alunos para verificarmos a eficiência da SEI.

### **5.1 Perfil dos alunos da turma 203 da segunda série do ensino médio**

O primeiro item deste questionário refere-se à identificação do aluno, pois o objetivo de aplicação da SEI consistia em avaliar o aluno para obter uma nota do segundo bimestre. Todos os alunos que aceitaram participar da pesquisa assinaram o termo de adesão e consentimento. A segunda pergunta referente ao endereço teve a finalidade de mapear a presença de alunos da zona rural ou de outros municípios vizinhos que frequentam a escola José de Anchieta em Pinheiro – MA.

Para acessarmos os dados que revelam essas informações e outros aspectos da aprendizagem desses alunos, apresentamos um gráfico que compara o nível de aprendizagem no ensino fundamental e médio (ver Gráfico 1).

**Gráfico 1** – Identificando o perfil dos alunos na segunda série do Ensino Médio.



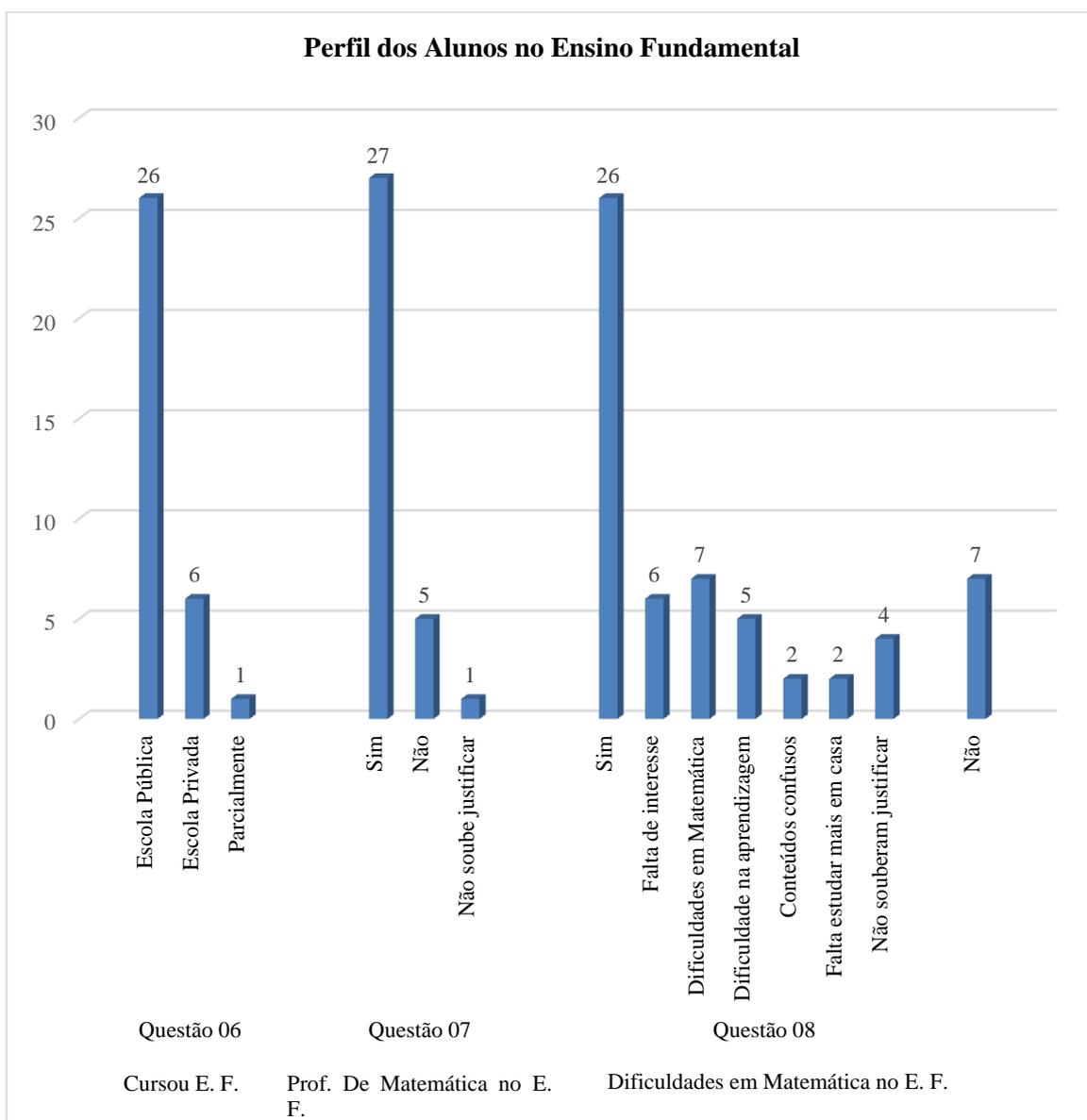
**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

No Gráfico 1 identificamos, para a Questão 02, nove alunos da zona rural que estudam apenas nesta turma (203 matutino) e dois alunos de outros municípios vizinhos. Isto é, os vinte e dois alunos restantes habitam na sede do município de Pinheiro, que é onde se encontra o C.E. José de Anchieta. A questão 03 mostra uma predominância de mulheres na sala de aula e que dos doze alunos da sala de aula, dois possuem dezessete anos e um tem dezoito anos; ao observamos posteriormente o questionário, percebemos, através da questão 05, que os alunos de dezessete anos trabalham e que o aluno de dezoito anos, além de trabalhar e faltar bastante às aulas, já foi retido nesta série. A questão 05 evidencia, portanto, a realidade de muitas escolas de diversas localidades do Maranhão, que é a do aluno que trabalha no contra turno comprometendo, assim, seu desempenho acadêmico; quase que rotineiramente, esses alunos que trabalham não conseguem priorizar seus estudos e perdem o elo do processo de ensino. Percebemos, também, que esses discentes faltam às aulas com maior frequência.

A coleta dos dados das perguntas 06 a 08 do questionário estão no Gráfico 2. Nela observamos que a questão 06 revela que a maioria dos alunos desta turma do Ensino Médio, cerca de vinte e seis alunos, é oriunda de escolas públicas. Alunos das escolas privadas somam seis, e há somente um aluno que estudou parte do Ensino Fundamental na rede pública

e a outra em instituição privada. A comparação entre a rede de ensino público e privado foi idealizada com o propósito de verificarmos onde o Ensino Fundamental apresenta melhor qualidade na aprendizagem do Ensino de Ciências. Entretanto, a maioria dos alunos participantes desta pesquisa não soube manifestar conhecimentos prévios claros e concisos, referentes ao Ensino de Ciências Físicas no Ensino Fundamental. Esses dados serão apresentados com maiores detalhes no item 5.1.2 deste capítulo.

**Gráfico 2** – Origem escolar dos alunos e análise de seus conhecimentos prévios em matemática no Ensino Fundamental.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

A sétima pergunta do questionário teve como objetivo verificar se os alunos tiveram a presença do professor de matemática durante todo o ano letivo do Ensino

Fundamental, pois é comum, nas escolas municipais de Ensino Fundamental, esta disciplina passar um ou mais bimestres sem o professor com formação para tal finalidade. Dos entrevistados, 81,81% dos alunos disseram ter professor de matemática no Ensino Fundamental. Apesar da presença do professor de matemática no Ensino Fundamental ser significativa diante das informações fornecidas pelos alunos, destacamos os seguintes comentários: A1 afirma que *“nunca estudamos esse conteúdo do 5º ao 9º ano!”*; A2 foi mais além ao dizer que *“não sei resolver esta equação de primeiro ou segundo grau no contexto físico”*; A3 enfatizou que *“não sabemos o que fazer diante do problema proposto”*. Esses comentários deixam evidente que eles desconhecem alguns conteúdos de matemático que são pré-requisitos no Ensino Médio tais como: (a) regra de três simples direta, produto dos meios pelos extremos, resolução de uma equação de primeiro ou segundo grau; (b) a transposição dos problemas físicos da linguagem materna para a linguagem matemática quando são interpelados pelo professor ou por uma atividade avaliativa proposta no livro didático etc. Apesar de tudo isso, vinte e sete alunos, dos trinta e três entrevistados, disseram ter tido professor de matemática no Ensino Fundamental, cinco alunos disseram não ter professor de matemática no Ensino Fundamental e apenas um aluno não soube responder.

Os quadros 2 e 3 abaixo revelam o desempenho dos alunos do 5º e 9º ano do Ensino Fundamental em matemática. Observamos nesses dados fornecidos pela aplicação da Prova Brasil que os níveis de proficiência desses alunos estão muito abaixo do esperado.

**Quadro 3** - Evolução da aprendizagem em matemática no 5º ano do Ensino Fundamental no município de Pinheiro – Maranhão.

Ano	Resolução de problemas em matemática								
	Alunos participantes	Níveis qualitativos de proficiência							
		Avançado	%	Proficiente	%	Básico	%	Insuficiente	%
2011	1.036	14 alunos	1%	107 alunos	9%	420 alunos	37%	604 alunos	53%
2013	788	16 alunos	2%	98 alunos	11%	299 alunos	32%	502 alunos	55%
2015	Não foi possível calcular		4%	-	17%	-	50%	-	29%

Fonte: <https://www.qedu.org.br/cidade/4684-pinheiro/proficiencia>.

**Quadro 4** - Evolução da aprendizagem em matemática no 9º ano do Ensino Fundamental no município de Pinheiro – Maranhão.

Ano	Resolução de problemas em matemática								
	Alunos participantes	Níveis qualitativos de proficiência							
		Avançado	%	Proficiente	%	Básico	%	Insuficiente	%
2011	1.141	9 alunos	1%	58 alunos	5%	531 alunos	42%	659 alunos	52%
2013	1.085	1 aluno	0%	46 alunos	3%	617 alunos	44%	748 alunos	53%
2015	608	6 alunos	1%	38 alunos	5%	362 alunos	52%	289 alunos	42%

Fonte: <https://www.qedu.org.br/cidade/4684-pinheiro/proficiencia>.

Por outro lado, a análise da oitava pergunta (Gráfico 2) revela que o Ensino de Matemática do 5º ao 9º ano apresenta problemas no processo de ensino aprendizagem com relação a qualidade; algo já revelado nos quadros 2 e 3 acima. Pois, vinte e seis alunos desta entrevista tiveram dificuldades em compreender os conteúdos de matemática e apenas sete alunos disseram não ter dificuldades com este componente. Dentre essas dificuldades destacadas no gráfico acima, seguem algumas citadas pelos alunos: seis deles disseram que apresentam falta de interesse pelo componente, sete disseram ter dificuldade em operar os formalismos matemáticos existentes, cinco afirmam ter dificuldades em manusear esses formalismos que acarretam na dificuldade da aprendizagem quando exige manipulação algébricas, dois alunos chegaram a dizer que os conteúdos são confusos, dois alunos confirmam a sua falta de empenho no estudo em casa e quatro alunos não souberam justificar suas dificuldades em matemática. Os sete alunos que marcaram não ter dificuldades, desse universo de vinte e seis, disseram apenas ter tido dificuldades em matemática no Ensino Fundamental.

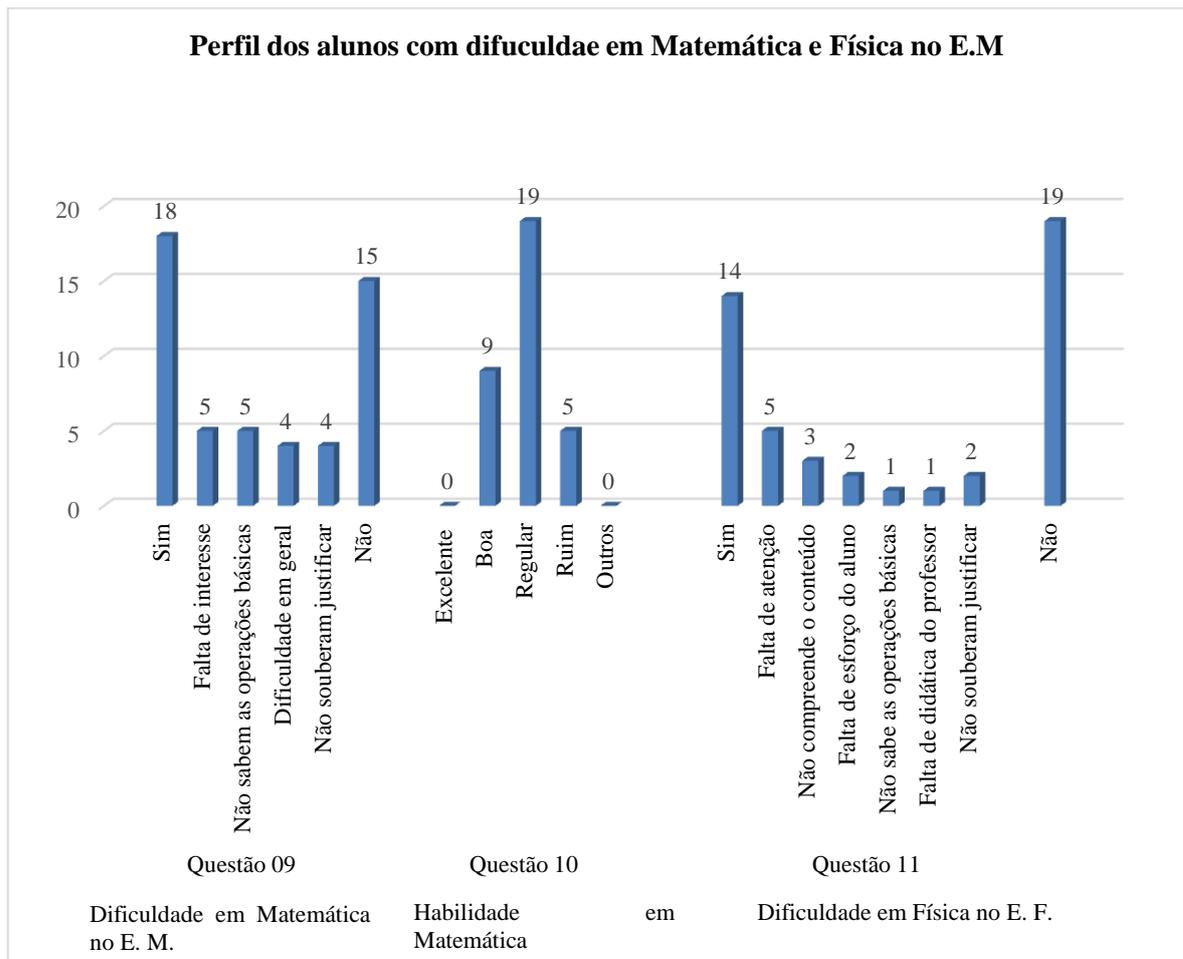
A Matemática do Ensino Fundamental é importante para a compreensão de fenômenos naturais da Física. Os alunos, ao entrarem no Ensino Médio, começam a trabalhar novos conceitos dentro de diferentes vertentes do ensino, podendo usar a Matemática como ferramenta de apoio para demonstração de seus conceitos.

Assim, espera-se que algumas habilidades adquiridas em Matemática no período escolar de 5º ao 9º ano do Ensino Fundamental tenham sido desenvolvidas pelos alunos, principalmente aquelas correlatas à Física. Essas habilidades poderão auxiliá-los na compreensão conceitual da Física, no Ensino Médio. Nesse sentido, Veit e Teodoro (2002, p.

3) esclarecem que “o poder da linguagem matemática resulta, pois, não da sua capacidade de explicação, mas da sua capacidade de representação, de descrição do processo natural”.

Para a nona pergunta do questionário, interrogou-se novamente sobre as dificuldades dos alunos em compreender Matemática, só que agora referente ao Ensino Médio. Os dados coletados para esta pergunta encontram-se destacados no Gráfico 3. Para este questionamento, observamos que os alunos continuam apresentando dificuldades em Matemática, porém a quantidade de alunos quanto ao Ensino Médio é um pouco menor quando comparado com os déficits no Ensino Fundamental. Pois, nesta etapa 78,79% dos alunos apresentam dificuldades em Matemática, enquanto que 54,54% disseram continuar com as mesmas dificuldades no Ensino Médio. Apesar do avanço, ainda não é uma quantidade expressiva para que consideremos um nível de conhecimento significativo.

**Gráfico 3** – Averiguando os conhecimentos do aluno em matemática e em Física no Ensino Médio.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

Ainda sobre a pergunta nove, observa-se que dos trinta e três alunos entrevistados, cinco disseram ter falta de interesse pelo componente, quatro deles afirmaram ter dificuldade em geral, cinco deles não sabem as quatro operações básicas, e por fim, quatro alunos não souberam justificar porque apresentam dificuldade em Matemática. Observou-se ainda nesta estatística que quinze alunos disseram não ter dificuldades em Matemática.

O Gráfico 3 mostra também a questão dez do questionário, em que podemos ter a impressão acerca das habilidades dos alunos desta turma em Matemática no Ensino Médio é regular, na qual dezenove alunos entrevistados dizem ter conhecimento razoável neste componente e nove alunos disseram ter atuação boa; cinco afirmam ter atuação ruim, e não houve registro de nível excelente destacado na investigação desta pesquisa (ver Tabela 1).

**Tabela 1** – Avaliação dos alunos quanto às suas habilidades adquiridas em Matemática durante o Ensino Médio.

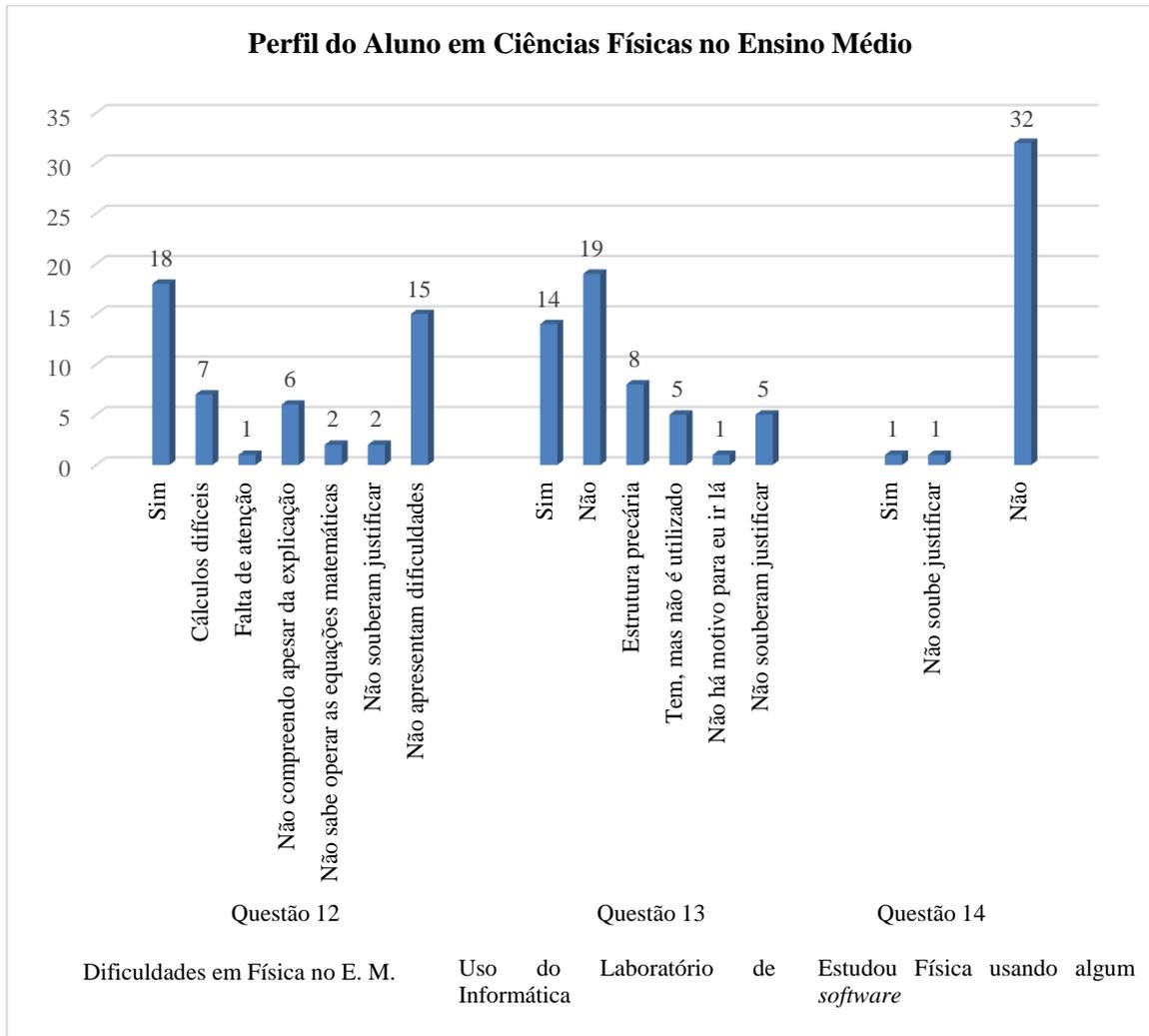
Nível	Excelente	Boa	Regular	Ruim
Resposta	0	09	19	05
Percentual	0%	27,27%	57,58%	15,15%

**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

A Tabela 1 mostra que apesar da melhora do ensino de Matemática no nível Médio, o ideal seria que todos fossem excelentes. Entretanto, a realidade vem nos mostrando desde o Ensino Fundamental que nossos alunos são regulares em Ciências e em Matemática. Ao comparamos a tabela 1 com os quadros 2 e 3 acima, verificamos que a maioria destes alunos estão nos níveis básico de aprendizagem e a sua maioria no nível insuficiente.

No questionamento onze constatamos que as dificuldades em Física no Ensino Fundamental são semelhantes às dificuldades relatadas sobre o ensino de Matemática. O Gráfico 3 mostra que quatorze alunos apresentaram dificuldades em Ciências Físicas. Deste quantitativo, cinco alunos disseram apresentar falta de atenção durante a exposição do conteúdo, um aluno relata dificuldades com as operações básicas, três alunos afirmam não compreenderem o conteúdo, um aluno critica a “falta de didática” do professor ao transmitir o conteúdo, dois alunos declararam falta de esforço para desenvolver sua aprendizagem no componente e dois não souberam justificar o motivo pelo qual apresentam dificuldades em Ciências Físicas. Entretanto, dezenove alunos disseram não ter tido problemas em Ciências Físicas no Ensino Fundamental.

Quando se trata do ensino de Ciências Física no Ensino Médio, observa-se no Gráfico 4 que dezoito alunos disseram apresentar dificuldades. Entretanto, as limitações aqui relatadas se diferem pouco da estatística obtida para o Ensino Fundamental. Novamente nos deparamos com o fato dos alunos não saberem lidar com os parâmetros de manipulação de uma equação de primeiro grau, não saberem consolidar os cálculos supostamente difíceis, não compreenderem os conteúdos, apesar de uma boa explicação etc. A partir desta perspectiva ficou evidente o porquê da dificuldade na aprendizagem significativa do aluno no nível médio. Pois, 54,54% dos alunos possuem dificuldades em Física, fato que poderá gerar um obstáculo aos alunos para progredir na aprendizagem, já que eles se depararão novamente com as Ciências (Física, Química e Biologia), no entanto, agora com um nível científico mais rigoroso em relação ao Ensino Fundamental. Na perspectiva da teoria de Ausubel (2003), destacado no capítulo 4, os conhecimentos prévios são importantes na aprendizagem significativa, porém se os professores perceberem que os alunos não possuem conhecimentos sobre o conteúdo que eles pretendem ensinar, o que deve ser feito? O mesmo autor ainda propôs a utilização de organizadores avançados como um mecanismo pedagógico que ajuda na ligação entre o que o aprendiz já sabe com aquilo que ele precisa saber.

**Gráfico 4** – Análise da aprendizagem significativa em Ciências Física no Ensino Médio.

**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

Dos dezoito alunos com dificuldades, a maioria (sete) acham os cálculos difíceis, seis dizem não compreender o conteúdo mesmo tendo uma boa aula, dois alunos afirmam que não sabem manipular ou operar as equações presentes no contexto físico, um aluno relata falta de atenção, e por fim, dois alunos não souberam justificar suas dificuldades em Física. Outros quinze alunos disseram não ter dificuldades no componente.

O resultado da questão treze (Gráfico 4) traz um relato importante no que tange à estrutura da escola ao desfavorecer o uso e a inserção de novas tecnologias no processo de ensino aprendizagem dos alunos para que possamos avançar em qualidade. A maioria dos alunos (57,57%) entrevistados afirma não ter contato com o Laboratório de Informática da sua escola. Pois, relatam que a estrutura é precária, nunca é utilizado. Um aluno afirmou, inclusive, que não há nenhum motivo para ele ir até este local; e outros cinco alunos não sabem justificar porque não usam o Laboratório de Informática da escola.

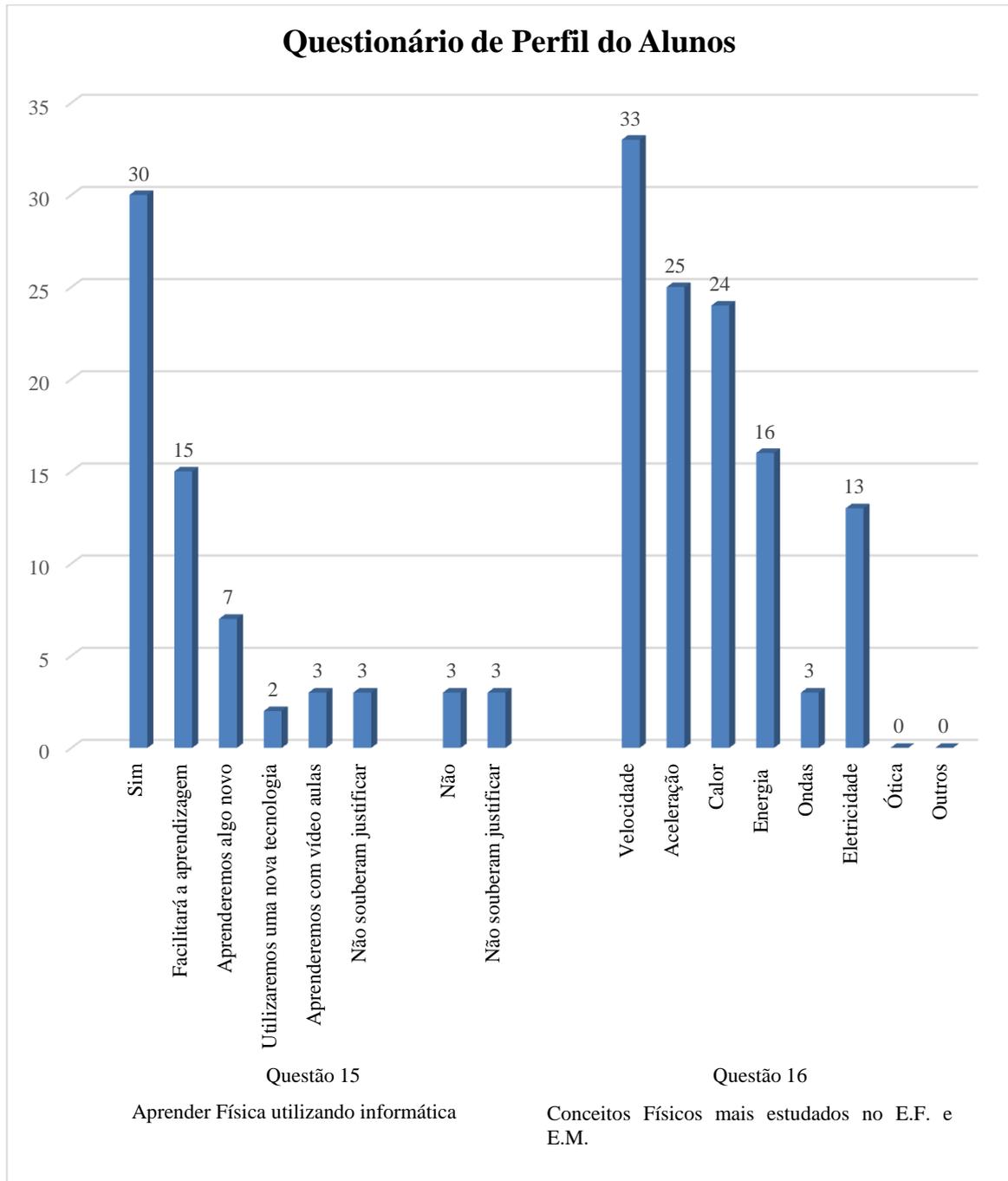
Já a pergunta quatorze questiona o aluno sobre uma possível utilização de algum *software* como aparato tecnológico de uso pedagógico em alguma disciplina. O Gráfico 4 mostra que 96,97% dos alunos nunca tiveram contato com uma ferramenta tecnológica ou *software* no processo de ensino aprendizagem. Mais evidências que corroboram com esta afirmação estão descritas nos itens 5.2 e 5.3.

As respostas dos alunos para as questões quinze e dezesseis estão no Gráfico 5. Para a questão quinze temos cerca de 90,90% da turma que informou não ser possível aprender Física utilizando recursos de informática, o que mostra o entusiasmo dos alunos em aprender Física utilizando *softwares* educacionais a partir do uso de um computador. Porém, três alunos disseram não acreditar nesse processo de ensino e não souberam justificar o motivo.

Dentre os 90,90% dos alunos que acreditam aprender Física utilizando o recurso da informática, estes imaginam, coerentemente, que essa aprendizagem deverá ocorrer devido ao fator facilitador que a informática proporciona. Os alunos destacam em seus relatos que irão aprender facilmente, pois acreditam que conhecerão algo novo. Logo, terão a perspectiva de usarem novas tecnologias, e acreditam ainda que os vídeos poderão auxiliar muito mais nesse processo. Os três alunos restantes que não concordaram com a proposta não deram justificativa.

Quanto ao resultado da pergunta dezesseis, destacamos a quantidade de alunos que estudaram o conteúdo de ondulatória, fato que facilitou a escolha da SEI proposta. No entanto, a análise de conhecimento prévios em oscilação, seção 5.2, mostrará que os alunos desta série praticamente não tiveram contato com esse tipo de conteúdo (ondas e oscilações) nas séries anteriores, e sim com evidências.

**Gráfico 5** – Análise do uso de *software* educacional no Ensino de Física.



Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

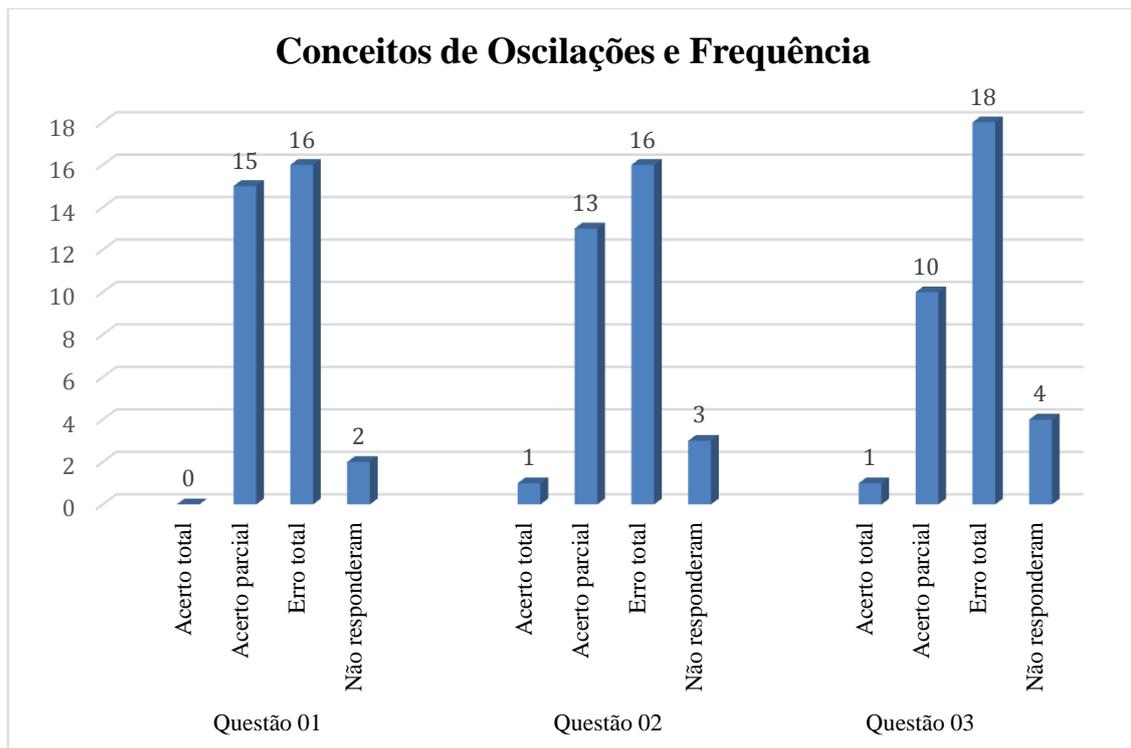
## 5.2 Análise de conhecimentos prévios em fenômenos ondulatórios

A partir do questionário de conhecimentos prévios (Apêndice A.3), objetivamos diagnosticar as evidências do aprendizado dos alunos nas séries que antecedem ao Ensino

Médio em conceitos relacionados aos fenômenos ondulatórios. Mediante aplicação deste questionário alguns problemas de aprendizagem já detectados anteriormente apresentam-se novamente refletindo na apreensão dos conhecimentos prévios adquiridos, dificultando, desta forma, o avanço do aluno nas séries seguintes do Ensino Médio. Faz-se importante mencionar que os principais conceitos de oscilações necessários para tratar o conteúdo oscilador harmônico no Ensino Médio são, segundo Halliday (2016): período, frequência, força restauradora e amplitude.

Nesse sentido, o questionário de conhecimentos prévios desta pesquisa foi desenvolvido focando alguns aspectos conceituais citados anteriormente. Esse instrumento foi respondido por trinta e três estudantes da segunda série do Ensino Médio, cujo resultado está presente no Gráfico 6. O Gráfico 6 apresenta as respostas em quatro níveis: acerto total, acerto parcial, erro total e não responderam.

**Gráfico 6** – Nível de compreensão conceitual em oscilações e frequência.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

A primeira e segunda pergunta deste questionário objetivou verificar os conhecimentos prévios dos alunos em oscilação; a proposta é descobrir o que eles entendem por oscilações e qual o seu significado. Percebemos no gráfico acima que nenhum aluno acertou a primeira pergunta e seus acertos parciais correspondem a algo que esteja próximo da

resposta ideal. Na segunda pergunta, houve apenas uma resposta adequada, o restante corresponde a erros exagerados e respostas que consideramos parcialmente corretas, pois por alguma razão apresentam elementos físicos direcionados à resposta correta. O mesmo aconteceu na questão três, em que a maioria dos alunos erram a resposta. Essa pergunta intencionava avaliar a compreensão do aluno acerca do conceito de frequência.

Apresentamos aqui algumas das respostas dos alunos investigados na pesquisa em relação a essas três questões iniciais contidas no Gráfico 6:

*A1.1 – A oscilação é um movimento no corpo de uma pessoa;*

*A2.1 – A oscilação é o movimento de um corpo suspenso que vai e vem alternadamente pela mesma posição;*

*A3.1 – A oscilação é uma ferramenta de física que balança para os lados.*

*A4.2 – A oscilação significa uma variação de um estado para outro;*

*A5.2 – A oscilação significa uma movimentação;*

*A6.2 – A oscilação ocorre quando algo vai e volta repetidamente.*

*A7.3 – A frequência é quando uma pessoa frequenta muito os lugares;*

*A8.3 – A frequência é quando um som, força continua do mesmo ritmo, ou seja, na mesma frequência;*

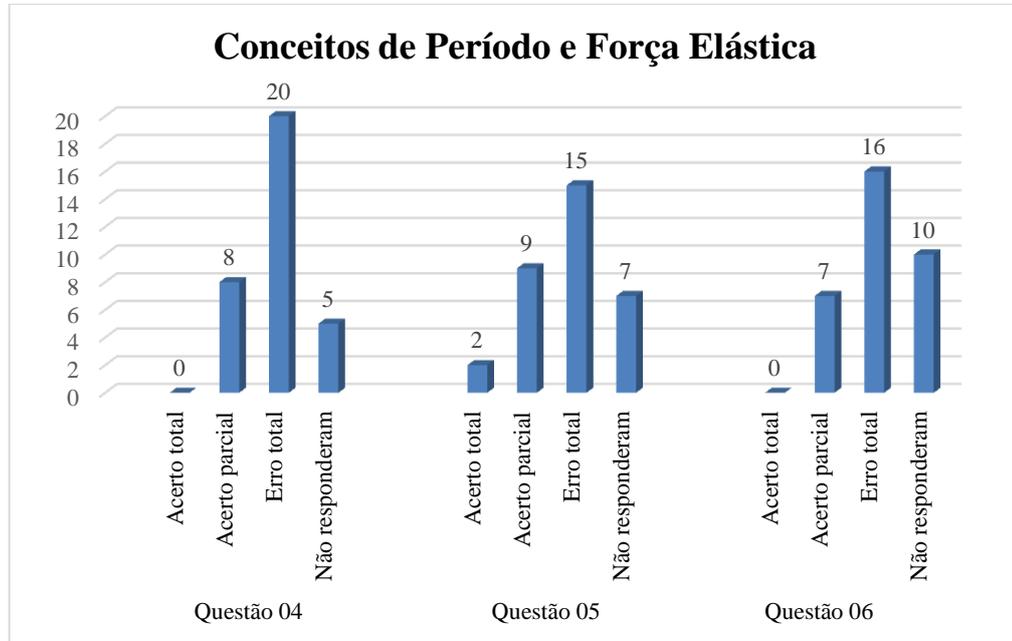
*CJA9.3 – A frequência é número de vibração por unidade de tempo, em um fenômeno periódico, ou o inverso do período.*

As respostas apresentadas pelos alunos A2.1, A6.2 e A9.3 são as que mais se aproximam dos conceitos de oscilação e frequência, se consideramos dentro de uma perspectiva de conhecimento de senso comum, ou seja, sem a formalidade científica conceitual. Dentre as três respostas, a dada pelo aluno A9.3 está de acordo com a descrição científica descrita por Halliday (2016).

Continuando a prática pedagógica, as perguntas quatro, cinco e seis, respectivamente, tratam sobre as concepções dos alunos acerca do significado de frequência, período e força restauradora. Nestas questões, esperava-se que os alunos relacionassem o número de oscilações com o intervalo de tempo, associassem período com tempo de oscilação e identificassem as forças restauradoras em sistemas harmônicos oscilantes. Os resultados disponíveis no Gráfico 7 mostram o contrário; dos trinta e três alunos investigados, vinte não conseguiram responder corretamente à questão quatro e cinco alunos não responderam de fato a pergunta. No questionamento cinco, verifica-se que apenas dois alunos conseguiram apresentar argumentos físicos que sintonizam com a resposta ideal para conceito de período.

A questão seis não apresentou nenhum aluno com capacidade de relacionar, previamente, a força restauradora em um sistema físico, conforme previsto em Halliday (2016).

**Gráfico 7** – Conhecimentos prévios dos alunos em período, frequência e força restauradora.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

Alguns exemplos de respostas dadas pelos alunos estão listados abaixo. Os códigos de aluno que estão em negrito fazem relação com os conceitos acima investigados:

*A1.4 – Frequência é algo que fazemos diariamente do mesmo jeito sem mudar nada;*

*A2.4 – A frequência escolar é o modelo de medir a periodicidade com os alunos de determinada instituição de Ensino estão comparecendo às aulas;*

*A3.4 – Caráter daquilo que acontece muitas vezes.*

*CJA4.5 – Quando se trata do período, do clima, período de qualquer coisa, com relação a oscilação;*

*A5.5 – É chamado de período o tempo necessário para que um movimento realizado por um corpo volta a se repetir.*

*A6.5 – Toda variação que ocorre numa grandeza física segundo um intervalo de tempo determinado.*

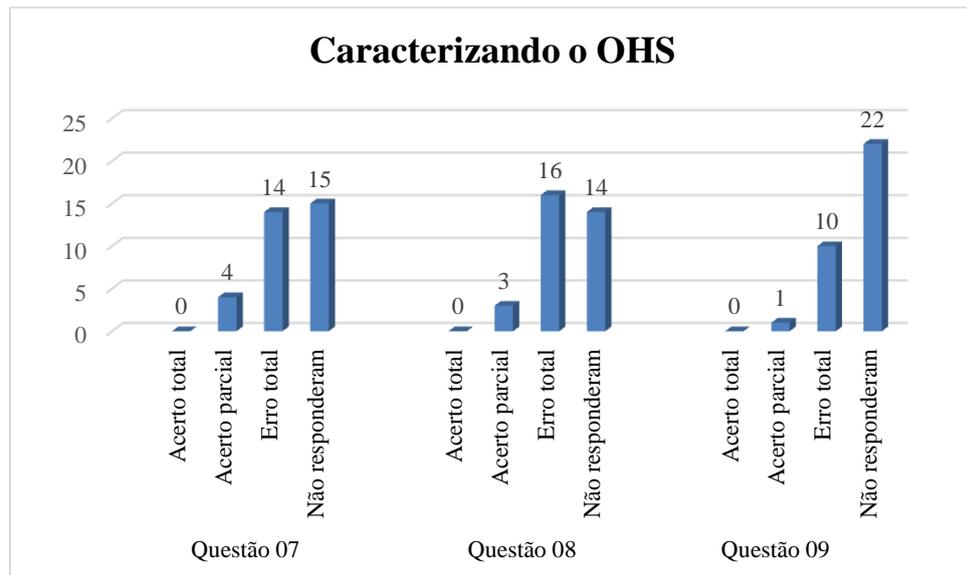
*A7.6 – Força restauradora é uma força que alguém exerce;*

*A8.6 – Força restauradora é uma força que mantém o equilíbrio;*

A9.6 – A força restauradora é a força que leva o pêndulo sempre para a posição de equilíbrio.

Ainda analisando o questionário de verificação de conhecimentos prévios, seguem as seguintes perguntas 7) Qual a sua compreensão a respeito da amplitude de um movimento oscilatório? 8) Qual a sua compreensão a respeito da oscilação de um sistema massa – mola? 9) Descreva rapidamente o significado de um oscilador Harmônico Simples. A partir dessas questões, buscou-se analisar a capacidade dos alunos em conceituar a amplitude de oscilação de um sistema físico em um movimento harmônico, além de identificar um sistema massa-mola e seu significado. Os dados coletados nestas perguntas estão disponíveis no Gráfico 8. Dos trinta e três alunos investigados, quinze não responderam, literalmente, o questionamento sete, e nenhum aluno apresentou uma resposta que contivesse elementos físicos coerentes com a resposta ideal. O questionamento oito apresenta a mesma característica dos resultados da questão sete, não apresentando nenhuma resposta coerente com a pergunta feita, o que evidencia o maior número de erros em suas respostas. No questionamento nove, o resultado ainda é mais preocupante, pois a maior parte dos alunos entrevistados (vinte e dois) deixaram a questão em branco.

**Gráfico 8** – Identificação dos conceitos e grandezas físicas do oscilador harmônico e seus significados.



Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

Ao analisar as repostas, considerando o que se afirma no capítulo 3 a respeito dos conceitos físicos abordados nas questões sete, oito e nove, observa-se que, em geral, os alunos não possuem o “subsunçor que permite dar significados a um novo conhecimento que lhes é

apresentado ou por ele descoberto” (Moreira, 2011a, p. 14). Contudo, o Gráfico 8 mostra também que a maioria dos alunos investigados não se pronunciaram (deixaram a questão em branco). Considerou-se, portanto, que esses alunos não entenderam adequadamente a pergunta ou realmente não têm conhecimento do conceito que a questão abordou, fato que sugere a falta desse subsunçor. As respostas destacadas abaixo traduzem esta análise, de modo que aquelas em que o código do aluno está em negrito, foram consideradas como evidências relacionadas aos conceitos de oscilação.

*A1.7 – A amplitude ocorre quando o número de vibrações aumenta de vez;*

*A2.7 – A amplitude é um movimento que tem determinada distância;*

*A3.7 – A amplitude é a quantidade de vezes que o corpo se movimenta.*

*A4.8 – Quando uma mola exerce uma força em um objeto em movimento;*

*A5.8 – É o movimento de um corpo ou massa;*

*A6.8 – A mola precisa receber duas forças para oscilar, uma de baixo para cima e outra de cima para baixo para que possa comprimir e depois voltar.*

*A7.9 – Uma força exercida para fazer movimentar um corpo;*

*A8.9 – É um movimento mais lento e mais fácil;*

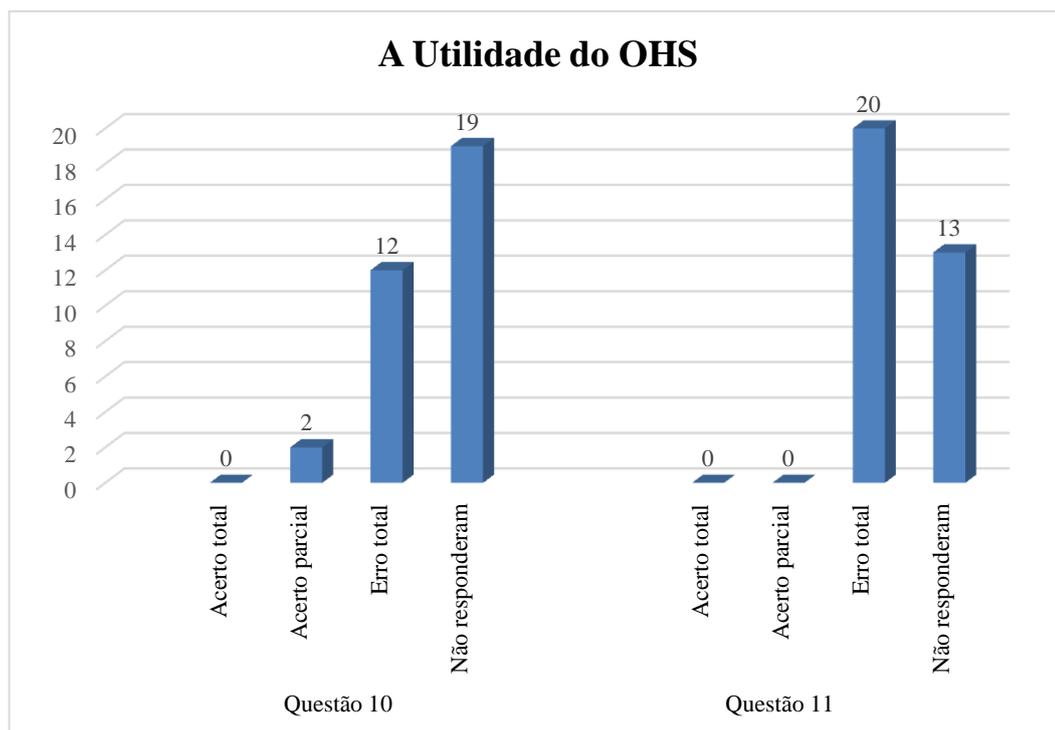
*A9.9 – Uma classe de objeto que se move de modo análogo.*

Concluindo as perguntas sobre o questionário de conhecimentos prévios em ondulatória, seguem os seguintes questionamentos: 10) Para você, o que significa um oscilador harmônico forçado? 11) Dê exemplo de um sistema de oscilação do seu cotidiano. A partir dessas questões, buscamos verificar nos alunos a capacidade de dar significado a um oscilador harmônico e fazer analogia deste com sistemas de seu cotidiano, como por exemplo, um balanço de um parque de diversão, o movimento da mola de um carro etc. Os resultados estão disponíveis no Gráfico 9. Dos trinta e três alunos investigados, dezenove deixaram a questão dez em branco e treze fizeram o mesmo com a questão onze. O Gráfico 9 mostra que apenas 12,12% dos alunos tiveram a capacidade de fazer a analogia desejada pelos questionamentos direcionados, enquanto a maioria cometeu erros constantes em respondê-las. Exemplos de respostas corretas às perguntas estão destacados abaixo:

*A1.10 – Equipamento que força algo a ir e voltar várias vezes;*

*A2.10 – É uma propriedade coletiva que ocasiona a variação de temperatura.*

**Gráfico 9** – O significado e a analogia do oscilador harmônico simples com sistemas físicos do cotidiano.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

Na questão onze, observa-se que não há evidência textual que nos remeta a considerar como correta do ponto de vista físico.

Ao analisarmos os resultados do questionário de conhecimentos prévios verificamos que alguns princípios físicos necessários para o desenvolvimento da SEI, na qual serão submetidos os alunos, precisam ser retomados e consolidados. Dessa forma, Ausubel (2003) relaciona as condições para a ocorrência da aprendizagem significativa: 1) a aprendizagem deve ser realizada a partir do que o aluno já sabe (conhecimentos prévios); 2) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e deve possuir significado lógico para o aluno; 3) o aprendiz (sujeito) deve ter subsunçores relevantes e específicos nos quais possam ser “ancoradas” novas ideias para dar significado ao novo conhecimento; 4) o sujeito deve apresentar predisposição para aprender. Portanto, a seção 5.3 tratará do desenvolvimento dos subsunçores relevantes aos alunos a partir da aplicação da SEI orientada pelo professor responsável pela turma.

### 5.3 Verificação da aprendizagem significativa usando o *software* educacional Modellus

Conforme comentado anteriormente, o organizador prévio proposto por Ausubel (2003) é usado quando se verifica que o aprendiz não dispõe de subsunçores adequados que lhe favoreçam atribuir significados a novos conhecimentos.

Após aplicação do questionário de conhecimento prévio, ministrou-se aulas expositivas tradicionais (aula com recursos básicos, como quadro, pincel, data show e slides e livro didático) visando a consolidação de conceitos físicos pertinentes para o aprimoramento da aprendizagem do aluno, mediante um processo investigativo; pois o nível de conhecimento prévio dos alunos sobre frequência, período de oscilação, amplitude etc., não estava consolidado a ponto de desenvolver sua aprendizagem significativa em um processo investigativo a partir de uma SEI.

Durante a exposição da aula, os alunos foram orientados a anotar e destacar cada conceito necessário para o desenvolvimento desta pesquisa, pois as imagens, o livro didático, as respostas dos alunos diante de cada situação problema, unida às instigações e exemplificações do professor, formaram os elementos básicos de desenvolvimento de seus conhecimentos prévios.

Optamos por essa metodologia de desenvolvimento dos subsunçores relevantes, para podermos aplicar as duas SEIs, com o intuito de possibilitar ao aluno adequar-se a uma nova metodologia de aprendizagem que é o uso da informática no Ensino de Física.

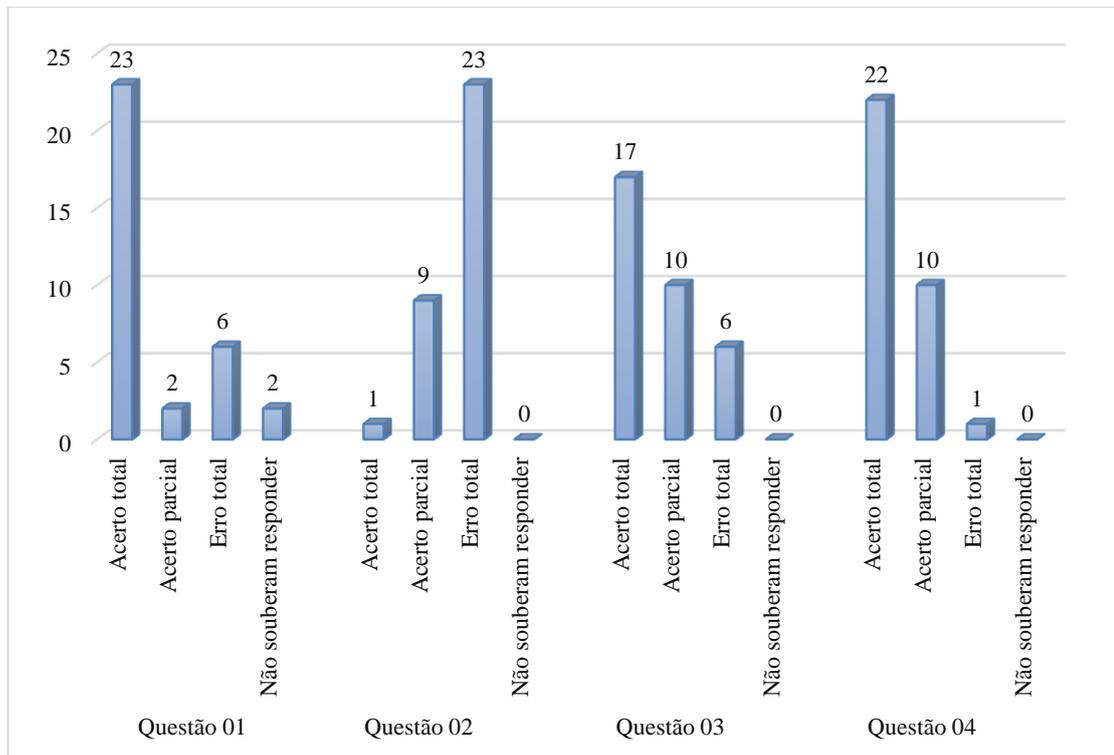
Seguindo as concepções de conhecimento prévio (subsunçores) dos teóricos desta área do conhecimento, Ausubel (2003) nos informa que interação entre novos significados é definida com as ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, e emergem de significados verdadeiros ou psicológicos. Assim, os novos conhecimentos adquirem significados e os conhecimentos prévios se modificam. Portanto, a aquisição de novos significados depende de aspectos estruturais cognitivos que se fazem necessários para a reestruturação da nova informação.

Após esse novo momento, aplicamos a primeira SEI referente ao pêndulo simples, levando em consideração apenas as orientações do professor e as discussões feitas pelos alunos reunidos em grupos de cinco e seis componentes.

Ao compararmos os resultados da aplicação desta primeira SEI (Apêndice B.1) com os resultados obtidos do questionário sobre os conhecimentos prévios, verificam-se avanços significativos na compreensão dos alunos, apesar de obtermos um erro total de 69,69 % na questão dois, 18,18% nas questões um e três e 3,03% na questão quatro; entretanto, de

modo geral, em média, 47,72% dos alunos já conseguem responder as perguntas da primeira SEI com coerência. Contudo, esse resultado não torna esta SEI um instrumento eficaz. Apresentamos, então, os dados coletados das quatro primeiras questões sobre a primeira SEI no Gráfico 10.

**Gráfico 10** – Resultado da aplicação da primeira SEI após aula expositiva e tradicional.



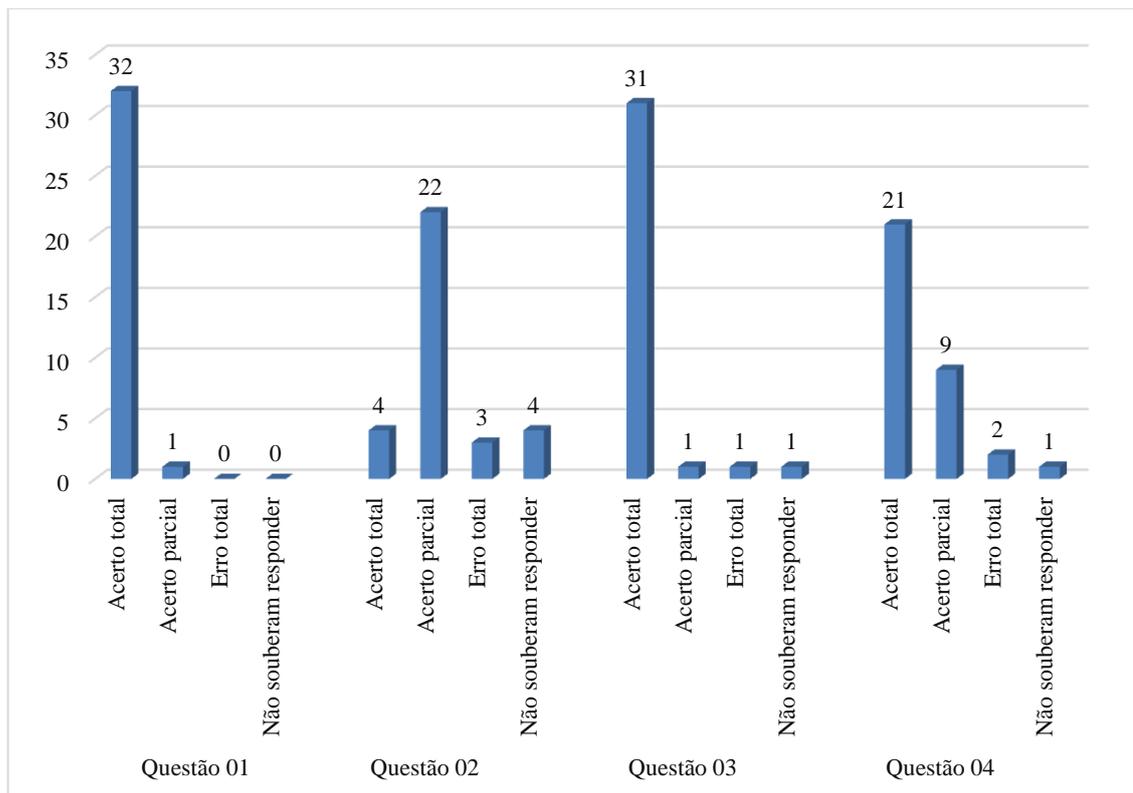
**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

As questões relacionadas no Gráfico 10 fazem parte da primeira SEI, que se refere ao pêndulo simples, que além de sistematizarem importantes resultados da pesquisa, consistem em referências essenciais para o planejamento das aulas. O objetivo da pergunta de número um, por exemplo, é fazer com que o aluno identifique no texto a importância do estudo do pêndulo para a humanidade até os dias atuais. A questão dois estabelece relação entre a realização da experiência com a sua importância para a ciência. Na questão três, investigamos a capacidade dos alunos fazerem analogias entre os conceitos e significados físicos de uma oscilação completa a partir do experimento realizado por Foucault. A questão de número quatro orienta o aluno a expor suas conclusões a respeito da experiência descrita no texto. Compararemos agora os resultados da aplicação desta SEI perante a funcionalidade do *software* Modellus.

Ao se iniciar os procedimentos para a exploração da atividade proposta (Apêndice B), necessitou-se primeiramente auxiliar os alunos a acessarem o *software* Modellus que estava previamente instalado e ajudá-los em sua operacionalização. Após o rápido treinamento sobre o Modellus, aplicou-se novamente a SEI, porém agora com a utilização das simulações geradas pelo *software*.

Os resultados obtidos com a utilização do *software* estão no Gráfico 11 e mostram a eficácia da SEI em relação ao considerável avanço no desenvolvimento da aprendizagem dos alunos. Pois, a questão de número um apresenta acerto total de 93,93%, a questão dois apresenta um percentual de acerto parcial de 66,66%, a questão três com percentual adequado de 90,90% e a pergunta quatro com 60,60% de acerto total mencionado pelo aluno durante a investigação. Em resumo, os dados apresentados no Gráfico 11 mostram uma crescente melhora quando comparados aos obtidos no Gráfico 10.

**Gráfico 11** – Resultado da aplicação da primeira SEI após a utilização do *software* Modellus.

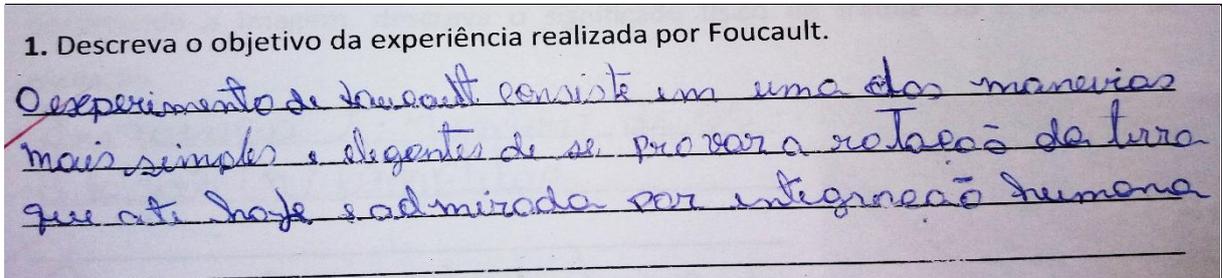


**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

Nesta comparação entre o pré-teste e pós-teste para as quatro primeiras questões, devemos enfatizar o resultado da questão de número dois, que no primeiro momento de aplicação apresentou maior número de erros e depois obteve considerável avanço, devido ao

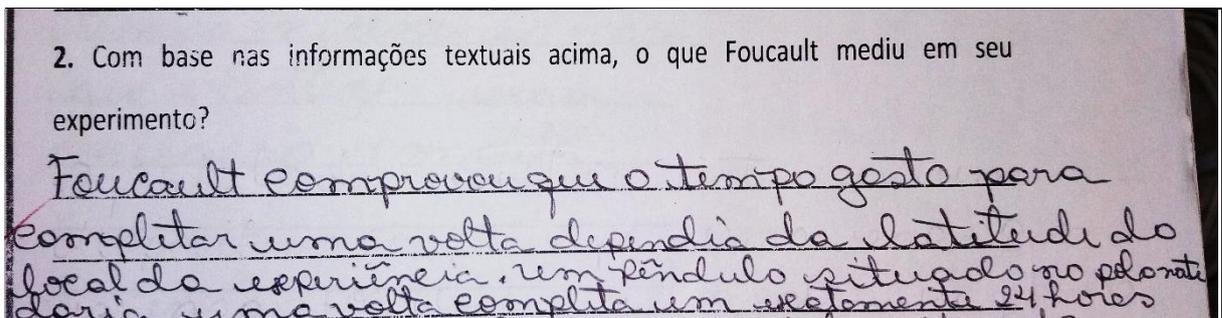
quantitativo de acertos parciais. As Figuras 20 a 23 mostram algumas respostas satisfatórias dos alunos.

**Figura 20** – O objetivo da experiência de Foucault.



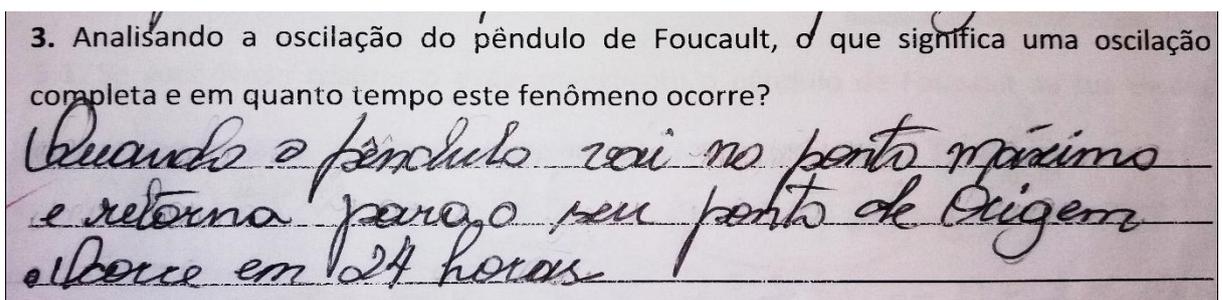
Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 21** – A importância da experiência de Foucault.



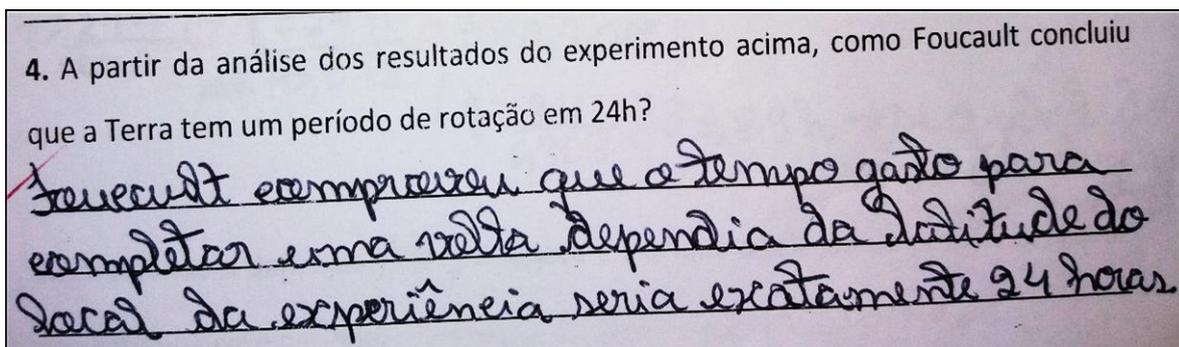
Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 22** – O período de oscilação do pêndulo de Foucault.



Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

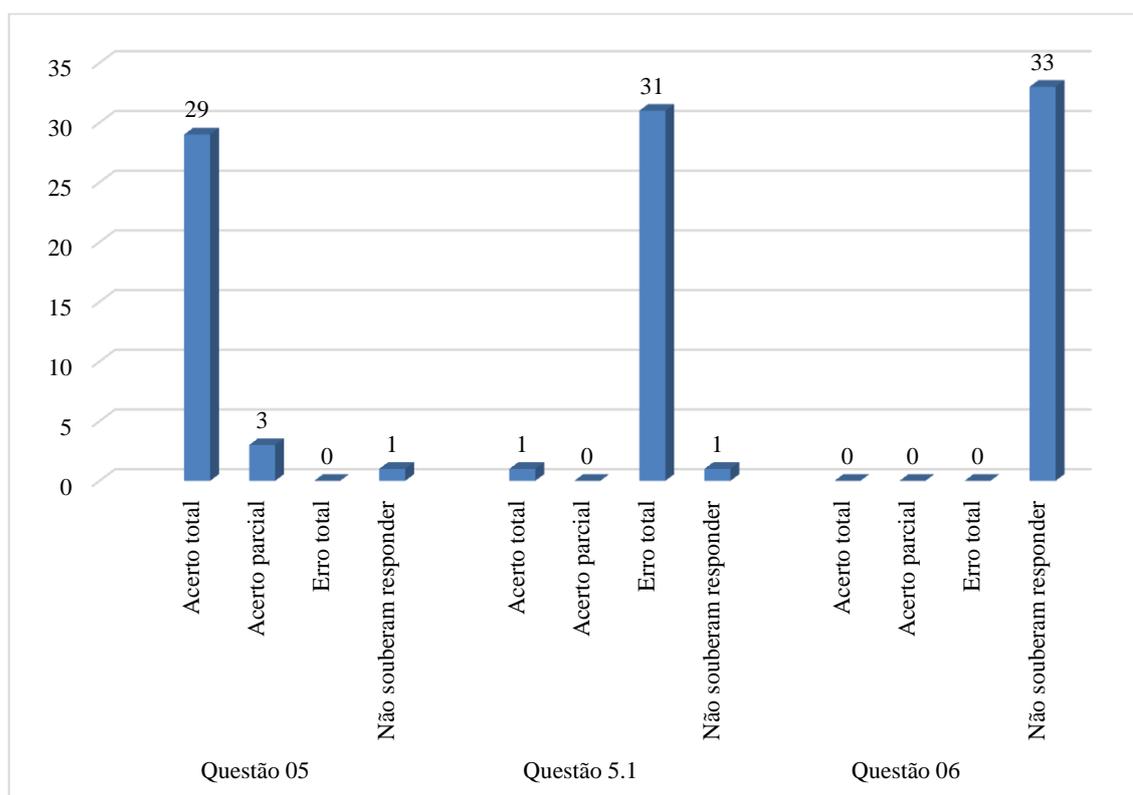
**Figura 23** – Descobrimo o período de rotação da Terra.



Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

Quanto às análises das questões de cinco a seis presentes no Gráfico 12, observamos um baixo índice de acertos após a aula tradicional. Vejamos os resultados obtidos a partir de uma aula tradicional aplicada pelo professor.

**Gráfico 12** – Resultado de aplicação da primeira SEI após aula expositiva e tradicional para as questões cinco e seis.



Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

Após uma aula expositiva, apenas, as habilidades dos alunos diante das questões não foram as melhores possíveis desenvolvidas. O Gráfico 12 mostra um resultado de 87,87% de acerto total na questão cinco, 3,03% na questão 5.1 e 0% de acerto na questão seis. A média

percentual de acerto total atinge um valor de 30,3% nas três questões citadas acima. Esse percentual está bem abaixo do esperado acerca da consolidação dos conceitos físicos do que é pretendido nesses questionamentos para que haja aprendizagem significativa dos alunos.

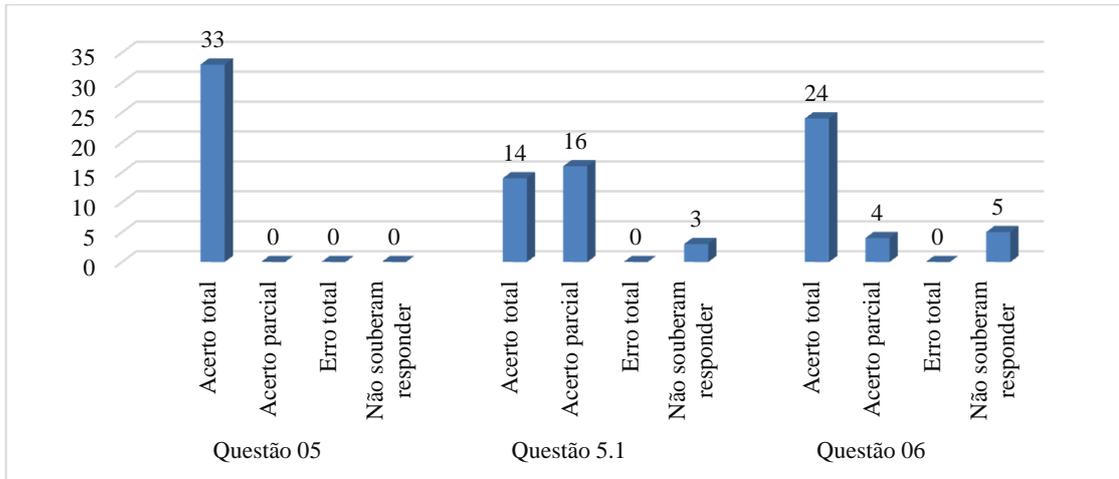
A proposta da questão cinco fez uso de uma informação contextualizada a fim de que os alunos pudessem elucidar o conceito de frequência e período de oscilação de um pêndulo simples. A questão 5.1 buscou complementar a questão cinco, orientando os alunos a levantar hipóteses acerca dos resultados da experiência, caso ela fosse realizada na própria escola em que eles estudam. De acordo com Locatelli e Carvalho (2007), é nessa etapa que aparecem raciocínios científicos, como ‘se’/‘então’, relacionando duas variáveis e a eliminação de variáveis que foram levantadas como hipóteses, mas que a realidade mostrou a não interferência no problema.

O questionamento seis apresenta resultado contundente, do ponto de vista negativo, pois 100% dos alunos deixaram a pergunta em branco, mesmo com as orientações do professor em aula expositiva sobre o tema, isto é, o objetivo não foi alcançado em nenhum aspecto. Essa questão objetivava fazer com que os alunos compreendessem a relação de proporcionalidade entre as grandezas físicas frequência e período. Mediante a análise dos dados obtidos nos valores da frequência e do período, o aluno teria a capacidade de concluir que as duas grandezas são inversamente proporcionais, segundo o que diz Locatelli e Carvalho (2007).

Quando aplicamos o uso do *software* como instrumentos metodológicos na resolução destas atividades contidas na SEI, o resultado foi mais promissor. Vejamos os resultados no Gráfico 13.

Os resultados das questões cinco e seis que estão disponíveis no Gráfico 13 demonstram evidências da aprendizagem significativa comparada à primeira aplicação desta SEI. A questão cinco apresenta um rendimento total de 100%, o questionamento 5.1 com 42,42% de acerto total e 72,72% de acerto total na pergunta seis; uma média de 71,71% no alcance dos objetivos propostos nas questões. Este resultado é muito diferente, quando comparado ao apresentado nas análises das questões cinco a seis presentes do Gráfico 12, observamos um baixo rendimento de acerto após a aula tradicional, em que a maior parte dos alunos erraram as respostas.

**Gráfico 13** – Resultado da aplicação da primeira SEI após a aplicação do *software* Modellus.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

As Figuras 24 a 27 apresentam alguns registros de respostas formuladas pelos alunos durante a aula de aplicação da SEI com o uso do Modellus que geraram os dados contidos no Gráfico 13.

**Figura 24** – Conceituando período e frequência.

5. Foucault comprovou que o tempo gasto para completar uma volta dependia da latitude do local da experiência. Um pêndulo situado no Polo Norte daria uma volta completa em exatamente 24 horas no sentido horário; já para um pêndulo situado no Polo Sul, uma volta completa se daria também em 24 horas, mas no sentido anti-horário. Já para um pêndulo localizado na linha do Equador, o tempo gasto para completar uma volta seria infinito, ou seja, o pêndulo não giraria, mantendo sua trajetória retilínea de acordo com a figura ao lado. Com base nesta informação e observando a imagem, descreva o significado físico de frequência e período de oscilação.

Frequência é um número de oscilação completa por unidade de tempo

Intervalo de tempo necessário para que aconteça uma oscilação completa

**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 25** – Medindo o período de rotação do pêndulo de Foucault.

5.1. Se você fosse realizar o experimento com o pêndulo de Foucault na sua escola, qual seria o período de rotação deste na atual localidade? Dado:  $T = \frac{24h}{\text{sen}\theta}$ .

$T = \frac{24h}{\text{sen}\theta}$   
 $T = \frac{24}{\text{sen } 45,078^\circ}$   
 $T = \frac{24}{0,708}$   
 $T = 33,89h$

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 26** – Medindo o período de rotação do pêndulo de Foucault.

5.1. Se você fosse realizar o experimento com o pêndulo de Foucault na sua escola, qual seria o período de rotação deste na atual localidade? Dado:  $T = \frac{24h}{\text{sen}\theta}$ .

$T = \frac{24h}{\text{sen}\theta} = \frac{24}{0,708} = 33,89$   
 $\theta = 45,078^\circ$

SE O PÊNULO DE FOUCAULT FOSSE REALIZADO NA ESCOLA, ELE BASTARIA PARA DAR A VOLTA COMPLETA 33,89 HORAS.

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 27** – Relacionando frequência e período.

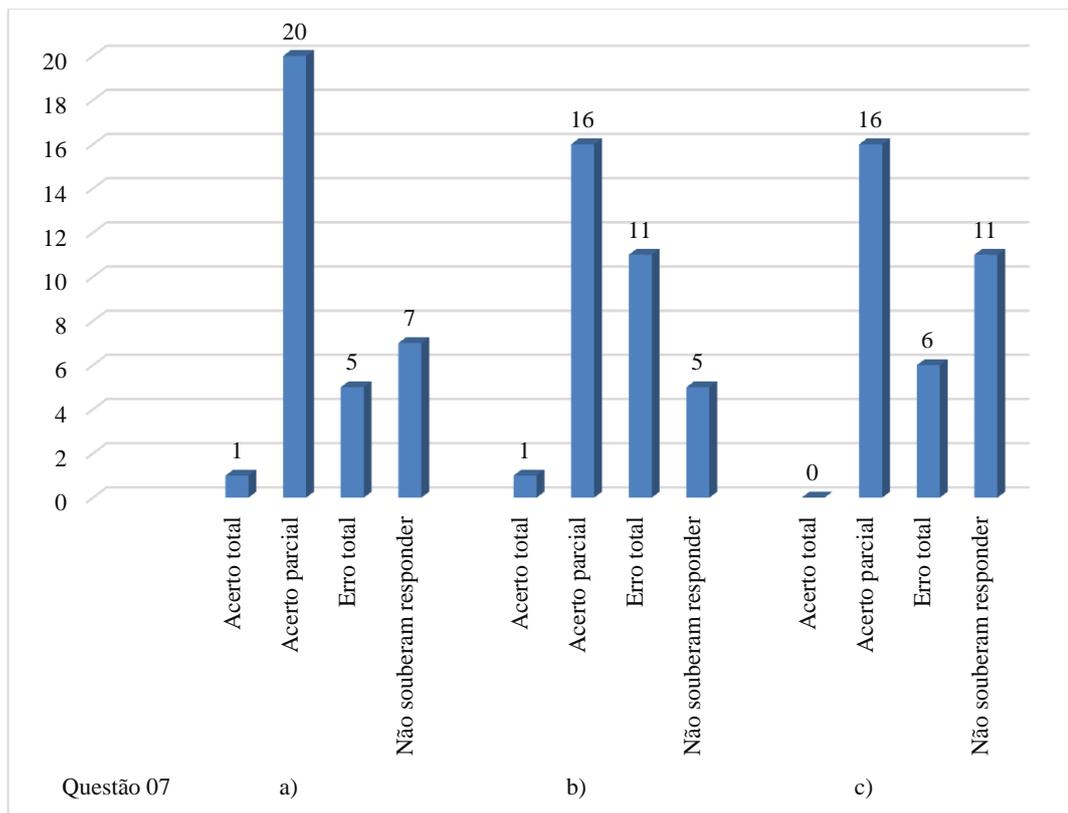
6. Observando a definição  $f = \frac{1}{T}$  descreva e explique a relação de proporcionalidade entre frequência e período.

(f - FREQUENCIA) (T - PERÍODO), A RELAÇÃO ENTRE FREQUENCIA E PERÍODO É INVERSAMENTE PROPORCIONAL, QUANDO O COMPRIMENTO É MODIFICADO DO TAMANHO ORIGINAL, OU SEJA QUANDO O FIO É REDUZIDO, FREQUENCIA AUMENTA E O PERÍODO DIMINUI.

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

Vejamos agora os dados comparativos das questões seguintes apresentadas pela SEI. No primeiro instante, analisamos as informações obtidas quando aplicamos a SEI após uma aula expositiva.

**Gráfico 14** – Resultado de aplicação da primeira SEI após aula expositiva e tradicional para a questão sete.



Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

A pergunta sete (Gráfico 14), de modo geral, apresenta um maior rendimento em acerto parcial, cuja média percentual atinge os 52,52%, enquanto o acerto total atinge uma média percentual de 2,02%. O percentual restante distribuiu-se em erro total em não saber responder as questões. A questão sete apresenta um percentual de erro total em 15,15% no item (a), 33,33% no item (b) e 18,18% de erro total no item (c). Quanto ao índice de alunos que não souberam responder aos três itens da questão sete e os deixaram em branco, apontam 21,21% dos alunos para o item (a), 15,15% no item no item (b) e 33,33% fizeram o mesmo no item (c).

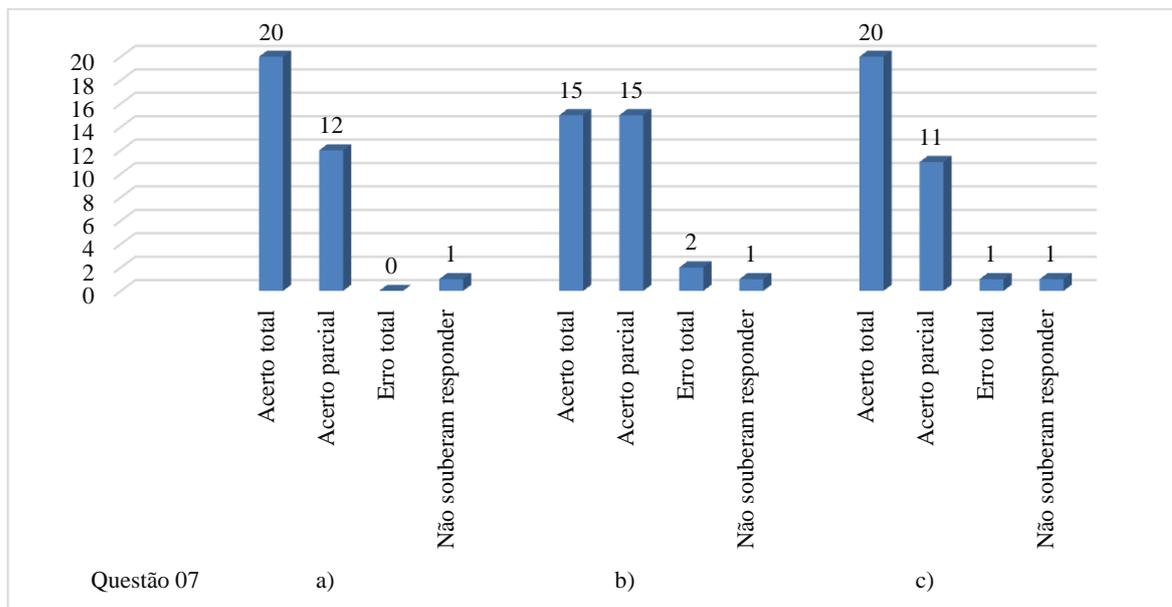
No momento após aula expositiva, a SEI mostrou resultados melhores, quando comparados aos conhecimentos prévios, mas insatisfatórios para a aprendizagem aqui desejada, pois a questão sete foi proposta com o intuito de desenvolver, expressar e construir

o aspecto da linguagem matemática do aluno dentro do Ensino de Ciências. O questionamento exige que o aluno efetue cálculos para concluir e comunicar o conhecimento científico. Esta forma de desenvolvimento da aprendizagem em Ciências está relacionada com o que afirma Carvalho (2011), Márquez *et. al.* (2003) e outros teóricos em destaque no capítulo 4 desta pesquisa.

Nesta transição entre o antes e o depois, vejamos os resultados desta questão após o uso do *software* Modellus.

O Gráfico 15 mostra que o item (a) apresenta um resultado significativo de 60,60% de acerto total, o item (b) com 45,45% de acerto total e 60,60% de acerto total no item (c); uma média de 55,55% no alcance dos objetivos propostos neste questionamento da SEI. Este resultado descreve, a exemplo das demais questões, um avanço significativo na aprendizagem dos alunos quando comparados à estatística apresentada no Gráfico 16.

**Gráfico 15** – Resultado da aplicação da primeira SEI após a aplicação do *software* Modellus para a questão sete.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

Ainda sobre o Gráfico 15, destacamos a evolução entre o antes e o depois do item (b). Pois, observamos que, apesar dos avanços em número de acertos totais, o quantitativo de acertos parciais permanece quase constante entre um momento e outro de aplicação da sequência. Entretanto, constatamos que o número de alunos que não souberam responder o questionamento ou o deixaram em branco foi reduzido após a nova metodologia. A seguir, algumas respostas que contribuíram na construção do Gráfico 15.

**Figura 28** – Calculando o número de oscilações do pêndulo na superfície da Terra.

a. Quantas oscilações completas o pêndulo deve efetuar para que o mecanismo do “relógio” avance 1 minuto? Dado:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

DADOS:  
 $\pi \approx 3,14$   
 $L = 70 \text{ m}$   
 $G \approx 9,79 \text{ m/s}^2$   
 $T =$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$T = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{70}{9,79}}$$

$$T = 6,28 \sqrt{7,15}$$

$$T = 6,28 \cdot 2,67$$

$$T = 16,76 \text{ s}$$

$$N = \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{60}{16,76}$$

$$N = \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{60}{16,76}$$

$$N = \frac{\Delta T}{T_1} = 3,57$$

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 29** – Calculando o número de oscilações do pêndulo na superfície da Lua.

b. Supondo que esse “relógio” fosse usado na Lua, onde a aceleração da gravidade corresponde a um sexto da gravidade terrestre, qual seria o número de oscilações completas realizadas no mesmo intervalo de tempo de 1 minutos? Dado:  $t_1 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

$G_L \approx \frac{1}{6} G_T$   
 $G_L \approx \frac{1}{6} \cdot 9,79$   
 $G_L = 1,63 \text{ m/s}^2$   
 $L = 70 \text{ m}$

$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{G}}$   
 $T_1 = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{70}{1,63}}$   
 $T_1 = 6,28 \sqrt{42,94}$   
 $T_1 = 6,28 \cdot 6,55$   
 $T_1 = 41,134$

$$N = \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{60 \text{ s}}{41,15}$$

$$N = \frac{\Delta T}{T_1} = 1,45 \rightarrow \text{OSCIÇÃO}$$

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 30** – Calculando o número de oscilações de um pêndulo.

c. Quantos segundos o relógio adiantará ou atrasará em 1 minutos, se o fio do pêndulo for substituído por outro de comprimento 60 m? Dado:  $t_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  e  $t = t_1 - t_2$ , onde  $t$  representa o tempo em que o relógio adiantou ou atrasou.

$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$   
 $T_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{60}{9,8}}$   
 $T_2 = 6,28 \cdot \sqrt{6,12}$   
 $T_2 = 6,28 \cdot 2,47$   
 $T = 15,51$

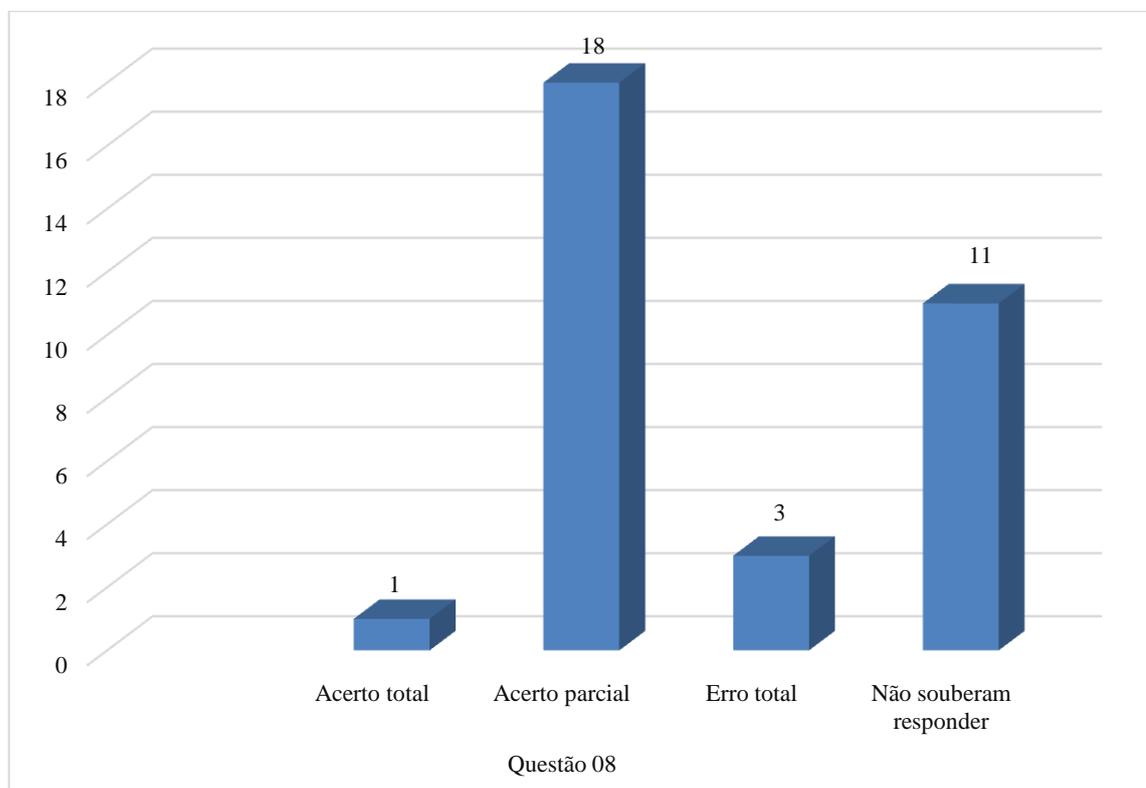
$T = (T_1 - T_2) \cdot N$   
 $T = (16,76 - 15,52) \cdot 3,57$   
 $T = 1,28 \cdot 3,57$   
 $T = 4,405$

$T_1 = 16,765$   
 $T_2 = 15,585$

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

No momento final de análise comparativa da primeira SEI apresentamos a questão oito. O Gráfico 16 abaixo mostra os dados fornecidos de erros e acertos dos alunos após aula expositiva tradicional.

**Gráfico 16** – Resultado de aplicação da primeira SEI após aula expositiva e tradicional para a questão oito.



Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

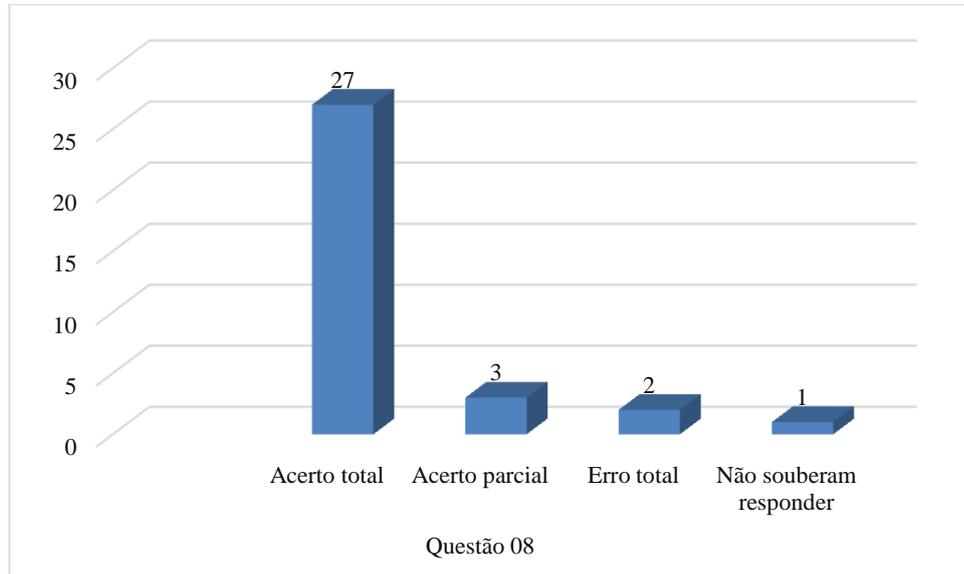
Assim como na questão sete, a pergunta oito, conforme mostra Gráfico 16, também apresenta resultado insatisfatório acerca da aprendizagem significativa do aluno em sala de aula, apenas com atributo da aula expositiva do professor. Apenas um aluno (2,02%) atingiu resultado satisfatório nesse primeiro momento de aplicação da SEI; os outros 54,54% correspondem a acerto parcial e o restante distribui-se em erro total e respostas em branco.

A referida pergunta inserida na SEI busca investigar a capacidade do aluno em apresentar conclusões, através de uma linguagem verbal, acerca do que foi calculado no item *c* da questão sete. Neste ambiente, o aluno deveria ter a capacidade de comparar o aumento ou a redução do período de oscilação do pêndulo simples, associando ao atraso ou adiantamento do suposto “relógio” hipotetizado na questão.

Os resultados aqui mencionados em forma de gráfico demonstram que a SEI por si só ou com apenas o auxílio da aula tradicional do professor não se mostrou um produto educacional eficiente em desenvolver a aprendizagem significativa do aluno em sala de aula. Por isso, introduzimos um *software* educacional, outros aparatos tecnológicos como o celular e o computador para o melhor desenvolvimento desta sequência de ensino após alguns conhecimentos prévios já consolidados. Os moldes de construção e aplicação da SEI foram relatados no capítulo 4 embasados em autores como Carvalho (2011), Vigotsky (1988) etc.

Quando fizemos uso do *software* educacional Modellus e dos aparatos tecnológicos adequados para o processo de ensino-aprendizagem, os resultados disponíveis no Gráfico 17 mostram que houve aprendizagem significativa dos alunos a partir do objetivo proposto no questionamento. Assim, 81,81% dos alunos obtiveram um acerto total e 9,09% dos alunos obtiveram acertos parciais, além de percentuais mínimos de erro total em 6,06%, e 3,03% de alunos que não souberam responder.

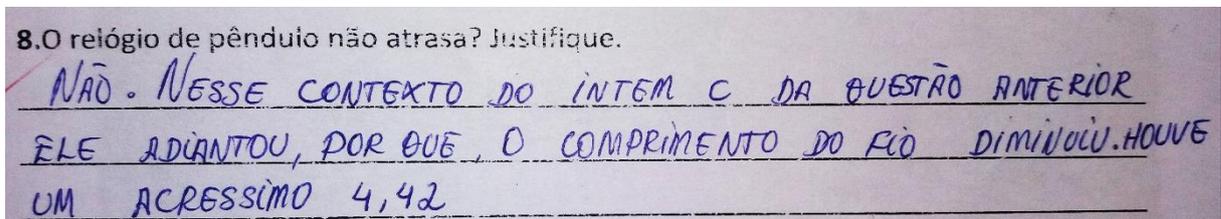
**Gráfico 17** – Resultado da aplicação da primeira SEI após a aplicação do *software* Modellus para a questão oito.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

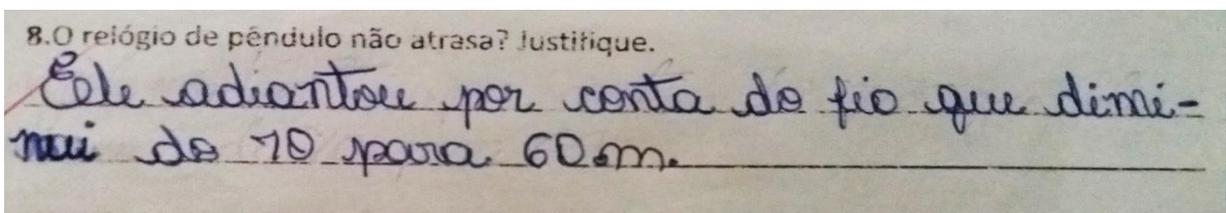
Recorrentemente a outras análises de resultados, apresentamos também os relatos dos alunos como solução para o questionamento investigativo:

**Figura 31** – Comparação do período de oscilação do pêndulo dada pelo aluno A1.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 32** – Comparação do período de oscilação do pêndulo.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

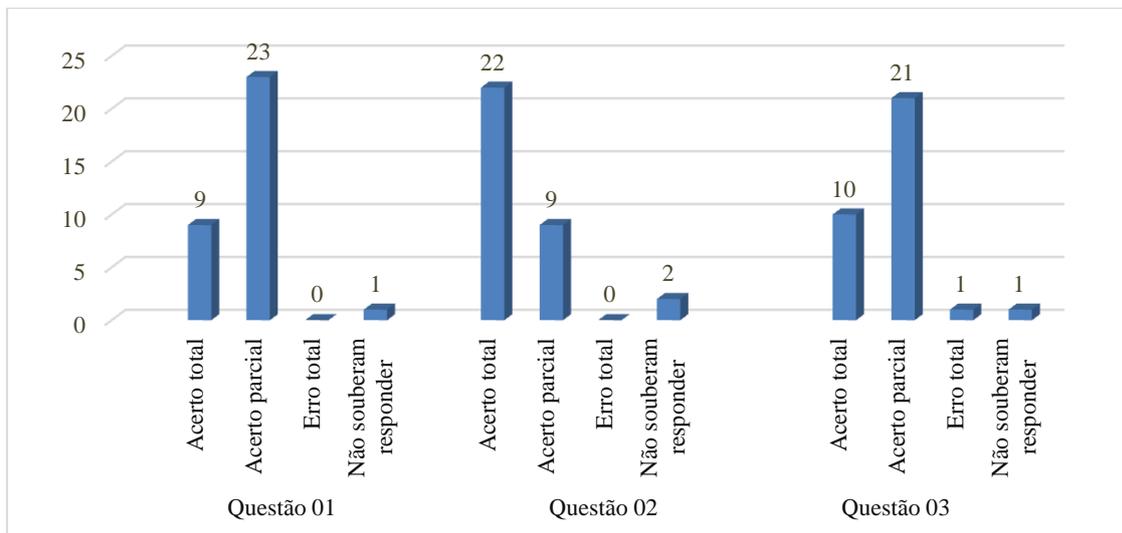
Quanto ao desenvolvimento da segunda SEI, referente ao oscilador harmônico simples no acoplamento massa-mola, apresentamos os resultados desta sequência em dois momentos: (1) inicialmente os gráficos evidenciam a aprendizagem dos alunos após uma aula

expositiva (2) e outra que seria a aplicação da SEI após uma aula com recursos de informática, isto é, de *softwares* educacionais.

Como já mencionamos acima, discutiremos os resultados em comparação às aulas expositivas e tradicionais feitas pelo professor. A primeira questão pergunta “O que significa frequência e amplitude de oscilação?”. Esta pergunta objetiva, mais uma vez, desenvolver no aluno o conceito de frequência e amplitude em outro contexto físico, como é o caso do acoplamento massa-mola do oscilador harmônico. Para a segunda questão, temos “2. Descreva a relação da constante elástica  $k$  da mola (rigidez da mola) com a frequência e amplitude de oscilação do veículo?” O objetivo deste questionamento é fazer com que os alunos façam a relação e identificação do texto com os conceitos físicos destacados na pergunta. A terceira questão pergunta “Como age a mola e sua constante elástica  $k$  no conforto e dirigibilidade dos veículos automotivos?” Aqui, o objetivo é dar significado à constante elástica da mola a partir de uma informação contida no texto que faz parte do cotidiano do aluno.

De posse dessas informações, vejamos o que resultou da aplicação desta SEI apenas com o mecanismo da aula expositiva. O Gráfico 18 apresenta os dados coletados dos itens selecionados.

**Gráfico 18** – Resultado de aplicação da segunda SEI após aula expositiva e tradicional.



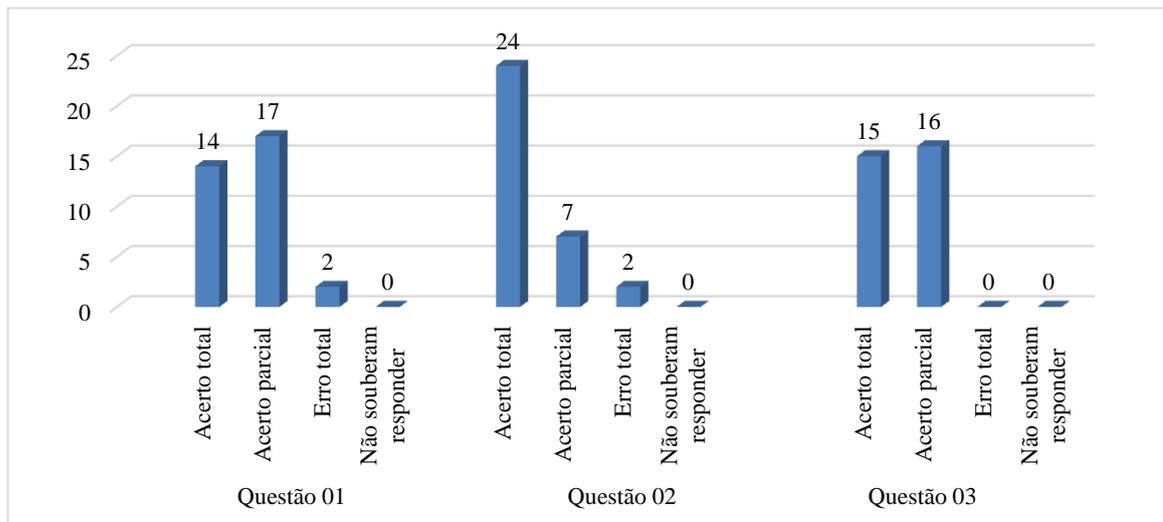
**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

O Gráfico 18 mostra uma maioria de acertos parciais nas três primeiras questões propostas, destacando a questão dois que apresentou maior número de acertos totais nas proposições dos alunos como resposta. A primeira pergunta acumula um percentual de erro de

69,69%, a terceira com 63,63% de erros e a segunda com 66,66% de acertos, algo proveitoso para apenas uma aula expositiva simples. A média de erro nessas questões iniciais chega a 53,53%, algo não desejado nesse processo de ensino-aprendizagem.

Comparando este resultado após a aplicação do Modellus, constata-se que 42,42% dos alunos acertaram a primeira questão, 72,72% dos alunos acertaram a segunda, e 45,45% dos alunos acertaram a questão três, melhorando, assim, o desenvolvimento da aprendizagem desejada e alcançando os objetivos esperados na questão. Comparando o antes e o depois, o último resultado apresenta-se promissor quanto ao ânimo e entusiasmo dos alunos em desenvolver seu conhecimento em Física. Coincidentemente, ao contrário da primeira aplicação da SEI, a média de acertos chegou aos 53,53% neste segundo momento (ver Gráfico 19).

**Gráfico 19** – Resultado da aplicação da segunda SEI após aplicação do Modellus para a questão um a três.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

De forma convencional neste trabalho, apresentamos os resultados através de imagens (ver Figuras 33 a 35), algumas respostas propostas pelos alunos que levaram a inserção dos dados contidos no Gráfico 19.

**Figura 33** – Conceituando frequência e amplitude de oscilação.

1. O que significa frequência e amplitude de oscilação?  
 Frequência - Número de oscilações por unidade de tempo.  
 Amplitude de oscilação - É o valor máximo de deslocamento a partir da posição de equilíbrio.

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 34** – Descrevendo o significado físico da constante elástica da mola.

2. Descreva a relação da constante elástica  $k$  da mola (rigidez da mola) com a frequência e amplitude de oscilação do veículo?  
 A rigidez das molas determina a frequência e amplitude máximas dos movimentos verticais da suspensão, ou seja, as molas não um elo determinante do veículo.

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 35** – Caracterizando a constante elástica da mola do amortecedor de um veículo.

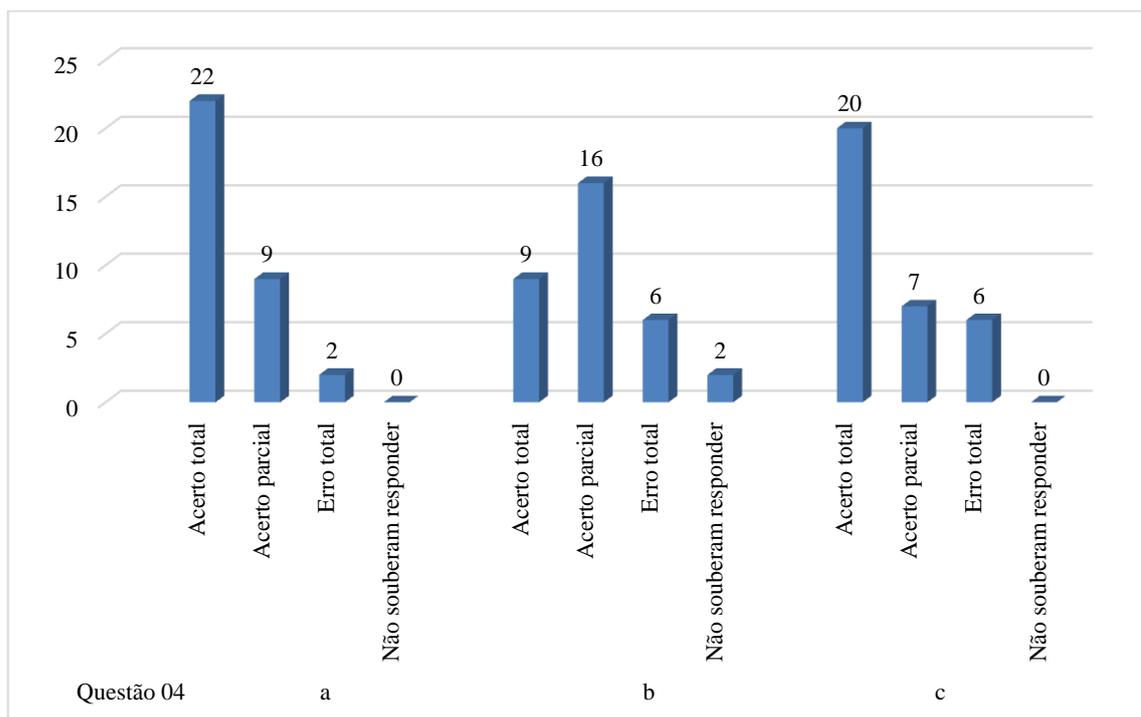
3. Como age a mola e sua constante elástica  $k$  no conforto e dirigibilidade dos veículo automotivo?  
 As molas acumulam a energia dos impactos da pista sobre a roda de acordo com sua constante elástica, e a partir desta, determina se o veículo é mais voltado para o conforto ou para dirigibilidade.

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

O questionamento quatro busca relacionar, descrever, comparar e calcular o módulo das grandezas físicas: força peso, constante elástica, amplitude, período de oscilação, frequência e descrição gráfica da energia que envolve o sistema massa mola. Para que o aluno pudesse aprender todos esses conceitos, apresentamos uma situação cotidiana que é o

comportamento oscilante das molas no amortecedor de um carro de passeio. A quantidade significativa de itens foi proposta de maneira que o aluno pudesse desenvolver sistematicamente a solução da questão; essa forma foi pensada para evitar muitos processos em um item só, confundindo o aluno na resolução do problema a ser investigado. Vejamos então os resultados presentes no gráfico 20 abaixo.

**Gráfico 20** – Resultado de aplicação da segunda SEI após aula expositiva e tradicional.

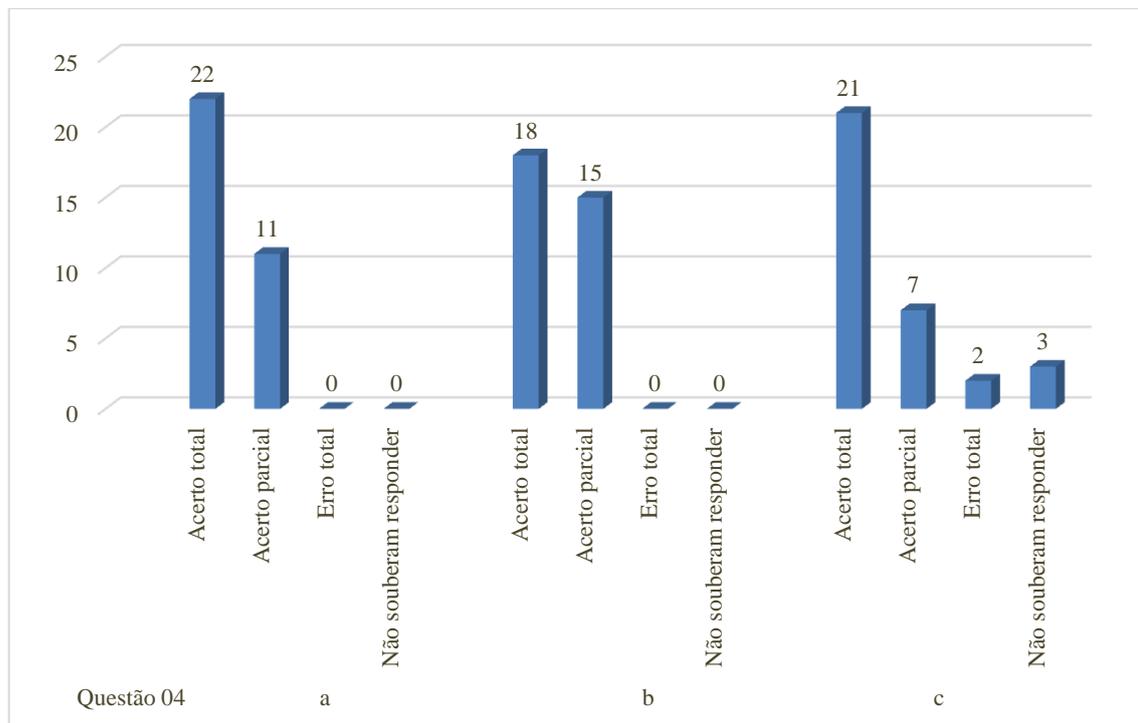


**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

No item (a) o aluno deverá ter capacidade de calcular e descrever o sentido e direção da força peso, além da direção do deslocamento que o veículo exerce sobre a mola do amortecedor. No item (b), ele precisa calcular a constante elástica da mola e saber relacionar a força peso e a força elástica. O item (c) objetiva fazer com que o aluno identifique a amplitude de oscilação da mola a partir das informações contidas do texto disponível.

A coleta de dados da questão quatro se deu em duas etapas, em que inicialmente ministrou-se uma aula tradicional mediada pelo professor, na qual se observou um rendimento de acertos em torno de 66,66% no item (a) contra 27,27% de acerto total no item (b) e 60,60% de rendimento no item (c); uma média de acertos totais em 51,51% conforme mostra o Gráfico 20. Depois, aplicamos a proposta pedagógica e os resultados melhoraram significativamente, conforme mostra o Gráfico 21.

**Gráfico 21** – Resultado da aplicação da segunda SEI após a funcionalidade do *software* Modellus para a questão quatro.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

Para o item (a), 66,66% dos alunos acertaram o questionamento, o mesmo nível de acerto após aula tradicional; entretanto, o número de acertos parciais aumentou e o número de erro total foi reduzido a zero, indicando que houve uma pequena melhora na retomada desses objetivos previstos na questão. No item (b), 54,54% dos alunos acertaram a resposta esperada alcançando o objetivo desejado, enquanto que o questionamento do item (c) apresenta rendimento de 63,63% de acertos totais, mas com ressalvas; no segundo momento de aplicação da SEI observamos que o número de alunos que não respondeu o item aumentou e o número de erros totais diminuiu. Contudo, a média de acerto total nos três itens corresponde a 61,61% dos alunos participantes. As Figuras de 36 a 38 são relativas a algumas respostas dos alunos após a aplicação da SEI.

**Figura 36** – Calculando as componentes das forças que agem em um sistema massa-mola.

4. A Figura 04 mostra uma descrição dos componentes básicos que compõem o sistema de amortecimento de um automóvel. Suponha que um automóvel de passeio de massa 1500 kg tem seu peso totalmente distribuído entre seus amortecedores, que estão presos a uma mola de comprimento inicial  $L_0 = 32 \text{ cm}$  e constante elástica  $k$ . Sabendo-se que essa massa consegue comprimir a mola em  $5,0 \text{ cm}$ , e considerando a aceleração da gravidade no local  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , responda:

a) qual a força peso que age sobre a mola dos amortecedores. Dado:  $\vec{P} = m\vec{g}$ .

$P = m \cdot g$   
 $P = 1500 \cdot 10$   
 $P = 15000 \text{ N}$

\* Como a força peso e a força elástica possuem a mesma direção, estas terão módulos iguais.

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 37** – Calculando a constante elástica da mola.

b) calcule a constante elástica da mola. Dado:  $\vec{F}_{el} = -k\vec{x}$ .

$F_{el} = -K \cdot (-0,05)$   
 $15000 = K \cdot 0,05$   
 $K = \frac{300000}{0,05} \text{ N/m}$   
 $K = 75.000 \text{ N/m}$

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 38** – Identificando a amplitude de oscilação da mola.

c) determine a amplitude do Movimento Harmônico Simples (MHS) executado pela mola.

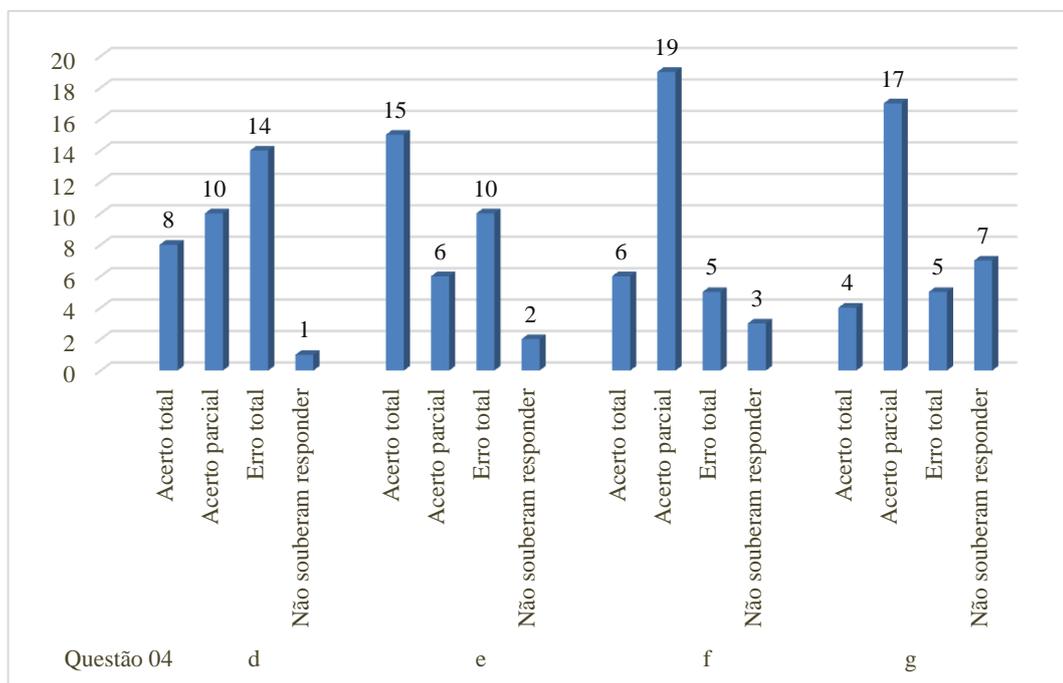
Ao se comprimir 5 centímetros, sua amplitude será 5 centímetros.

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

O item (d) da quarta questão instiga o aluno a descrever o período de oscilação do sistema massa-mola a partir das informações contidas no texto e no enunciado proposto. Após a consolidação de vários conceitos aqui propostos é chegado o momento de calcular o período e frequência de oscilação, que é o objetivo do item (e) desta questão. Mais uma vez exigimos que os alunos demonstrassem suas capacidades de levantar hipóteses diante um fenômeno físico clássico, de acordo com o que é proposto no item (f). Já a questão (g) busca investigar a capacidade do aluno em descrever e ilustrar, em forma de gráfico, o comportamento das energias envolvidas no sistema mecânico das molas do amortecedor do veículo.

De acordo com o Gráfico 22 abaixo, o item (d) apresenta um percentual de acerto de 24,24% contra 45,45% de acerto no questionamento do item (e); no item (f) apenas 18,18% dos alunos obtiveram êxito na questão e apenas 12,12% dos alunos acertaram o questionamento. Esses resultados geram uma média percentual de 24,99% de acertos entre os quatro itens. Portanto, essa média e os resultados individuais de cada questão estão muito abaixo do esperado para a aprendizagem significativa desejada.

**Gráfico 22** – Resultado de aplicação da segunda SEI após aula expositiva e tradicional para a quinta questão.

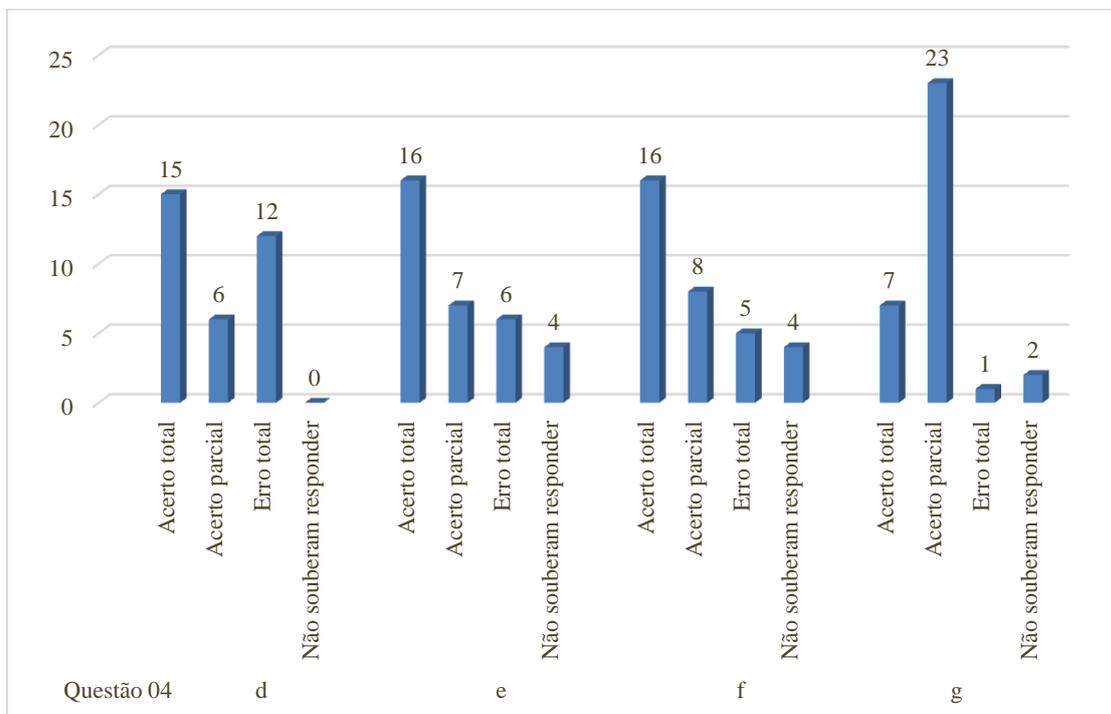


**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

Agora vejamos os resultados obtidos para as respostas destes itens ao utilizarmos o *software* Modellus como ferramenta auxiliar desta sequência. Para o item (d), o Gráfico 23 apresenta um acerto total de 45,45% quando a atividade investigativa usufruiu dos recursos computacionais; já o item (e) demonstra um acerto total de 48,48% para o objetivo desejado na investigação; o mesmo percentual de 48,48% aplica-se para o item (f) desta sequência; para o item (g) temos 21,21% de acertos total e 69,69% de acerto parcial. Apesar do percentual de acerto parcial ser maior que o percentual de acerto total, observa-se que o percentual de erro e questões em branco reduziram significativamente nos informando que houve um avanço discreto na aprendizagem do aluno neste item da investigação. A média de

acertos nestes itens atinge valores percentuais de 40,90%, um resultado bem melhor que o anterior descrito no Gráfico 22.

**Gráfico 23** – Resultado da aplicação da segunda SEI após a aplicação do *software* Modellus para a quinta questão.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

Assim como destacamos anteriormente nas análises dos resultados deste trabalho, apresentamos de forma convencional, através de imagens, algumas respostas propostas pelos alunos (ver Figuras 39 a 42), diante das questões propostas, que levaram a inserção dos dados contidos no Gráfico 23.

**Figura 39** – A não relação entre período e amplitude.

d) o período das oscilações depende da amplitude?

*Não, porque o período não depende da amplitude mas sim da constante elástica e da massa.*

**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 40** – Calculando o período de oscilação de uma sistema massa-mola.

e) determine o período e frequência de oscilação. Dado:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T = 6,28 \sqrt{\frac{0,005}{75000}}$$

$$T = 6,28 \cdot \sqrt{\frac{375}{75000}}$$

$$T = 0,443$$

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

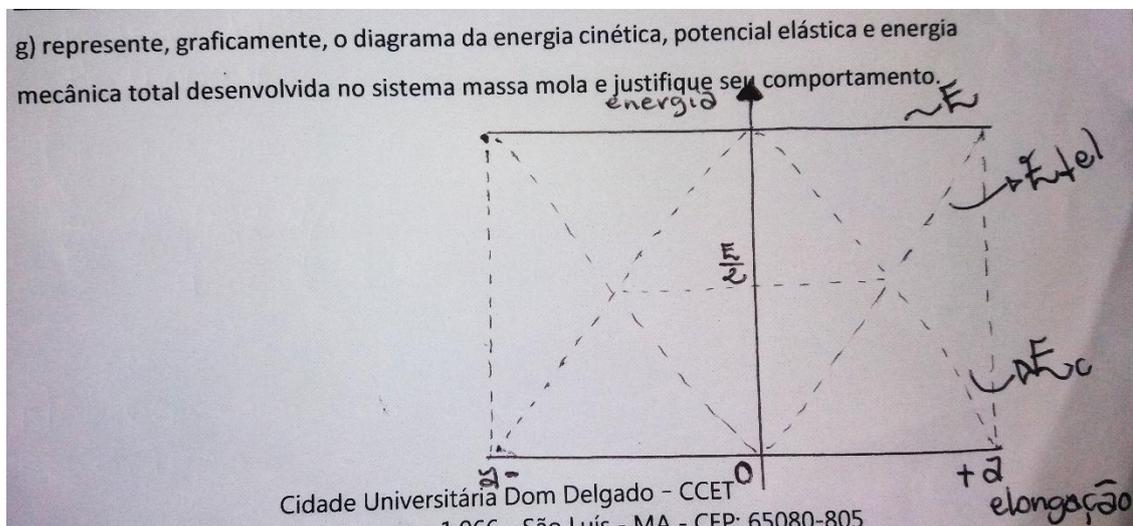
**Figura 41** – Variando o período de oscilação do sistema massa-mola.

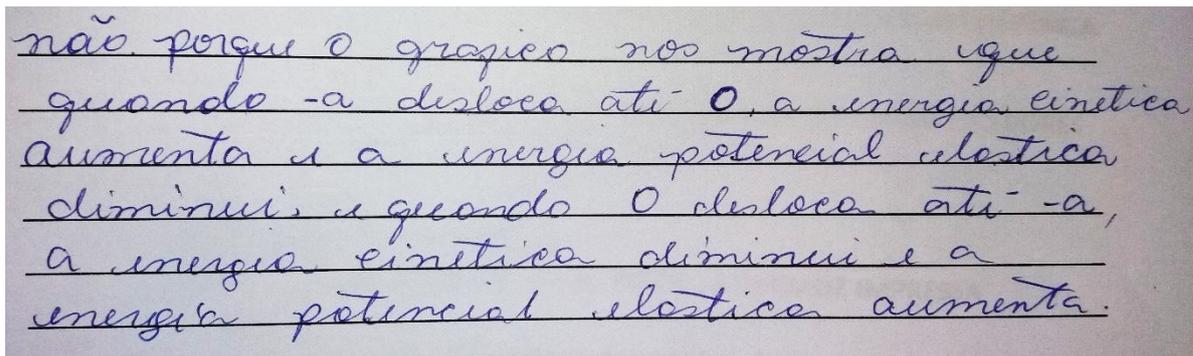
f) o que deveria ocorrer para o período de oscilação sofrer alterações constantes?

*Aumentar ou diminuir a massa ou a constante elástica sofrerá alterações.*

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

**Figura 42** – Análise gráfica das energias que se manifestam na oscilação da mola.





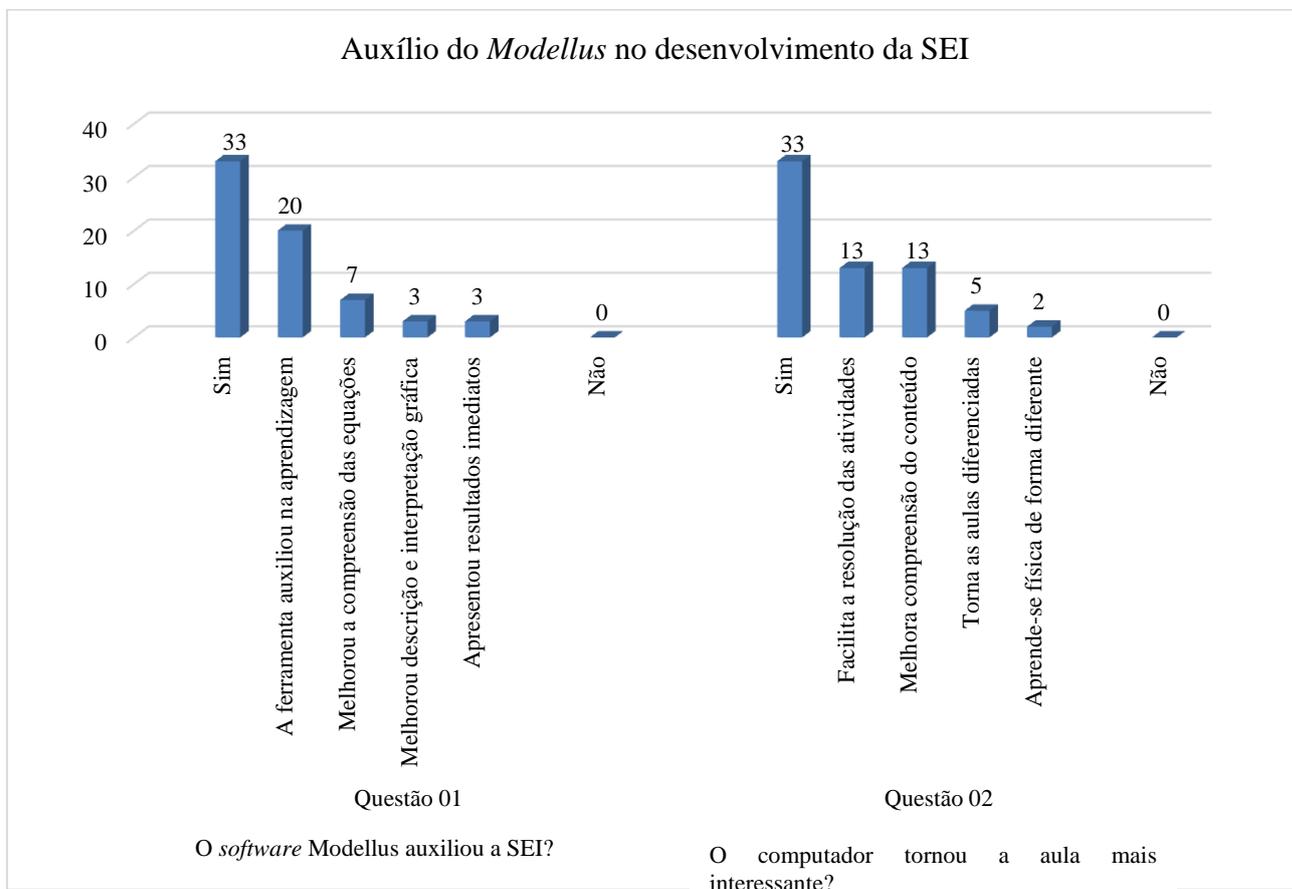
não, porque o gráfico nos mostra que quando  $-a$  desloca até  $0$ , a energia cinética aumenta e a energia potencial elástica diminui, e quando  $0$  desloca até  $-a$ , a energia cinética diminui e a energia potencial elástica aumenta.

Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

#### 5.4 Opiniões dos alunos quanto ao uso do *software* Modellus no auxílio à SEI

Na primeira pergunta do questionário, indagou-se aos alunos quanto à possível ajuda do *software* Modellus nas resoluções dos problemas propostos durante a execução das atividades exploratórias com a ferramenta. Assim, a primeira pergunta foi a seguinte: 1) Em sua opinião o *Software* Modellus ajudou você a resolver os problemas propostos na SEI referente ao tema oscilações? Como respostas, todos os alunos (100%) afirmaram positivamente quanto ao auxílio que o programa computacional proporcionou na solução dos problemas propostos nas atividades. Vejamos os resultados coletados no Gráfico 24.

**Gráfico 24** – O auxílio do *Software* Modellus no desenvolvimento da SEI e a importância do computador no desenvolvimento da aprendizagem.



**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

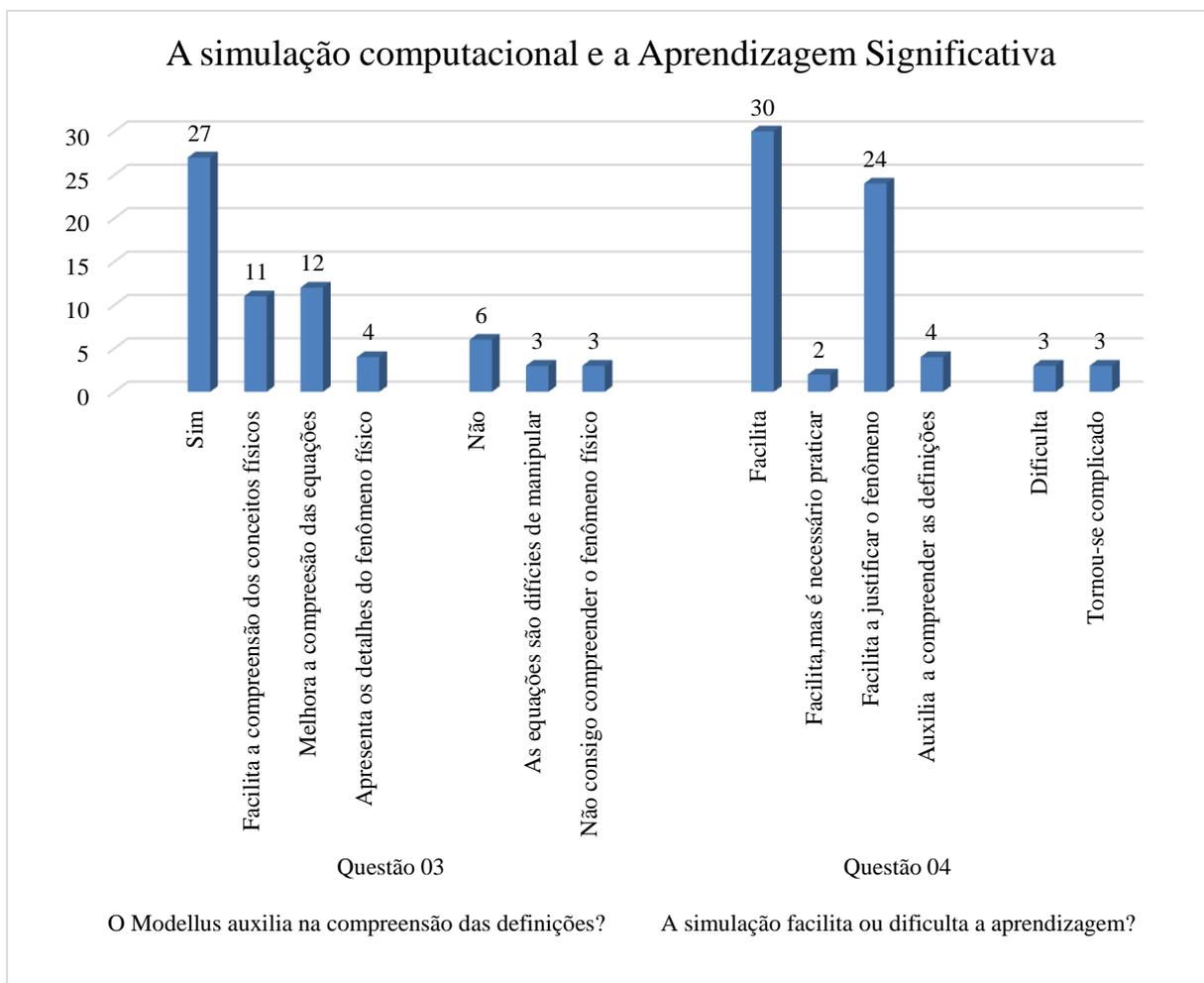
Além de 100% dos alunos confirmarem a importância do *software* no auxílio à SEI, 60,60% disseram que a ferramenta auxiliou na aprendizagem, 21,22% afirmaram que houve melhora na aprendizagem com as definições matemáticas, 9,09% dos alunos disseram que houve melhora na interpretação gráfica e outros 9,09% destacaram o fato das soluções imediatas perante a aplicação do *software*.

Na questão dois fizemos a seguinte pergunta: *Você acredita que o uso do computador torna a aula mais interessante? Justifique.* De acordo com os dados contidos no Gráfico 24, 100% dos alunos disseram sim como resposta, dentre eles, 39,39% afirmaram que a ferramenta facilita a resolução das atividades, 39,39% disseram que houve melhora da compreensão dos conteúdos, 15,15% disseram que as aulas se tornaram diferenciadas e 6,07% confirmaram aprender Física de maneira diferente.

O Gráfico 25 analisa o posicionamento dos alunos diante das questões três e quatro. Os questionamentos foram: 3) *you can assimilate with greater ease the definitions (equations or formulas) that describe the situations proposed in SEI when it*

*utilizado o Software Modellus? Justifique sua resposta.* Para esta pergunta as respostas definem-se em 81,81% dos trinta e três alunos investigados disseram que sim e justificaram das mais variadas formas; 33,33% deles disseram que o *software* facilita a compressão dos conteúdos, 36,36% responderam que há uma melhora na compreensão das definições matemáticas (equações) e 12,12% alunos disseram que a simulação apresenta os detalhes do fenômeno físico. Entretanto, 18,18% dos alunos responderam não ao questionamento, e destes 9,09% argumentaram principalmente que *as equações continuam difíceis de manipular*, e os outros 9,09% afirmam que não conseguem compreender tais fenômenos físicos investigados.

**Gráfico 25** – As facilidades e dificuldades de assimilação do conteúdo proposto na SEI mediante o uso da simulação computacional.



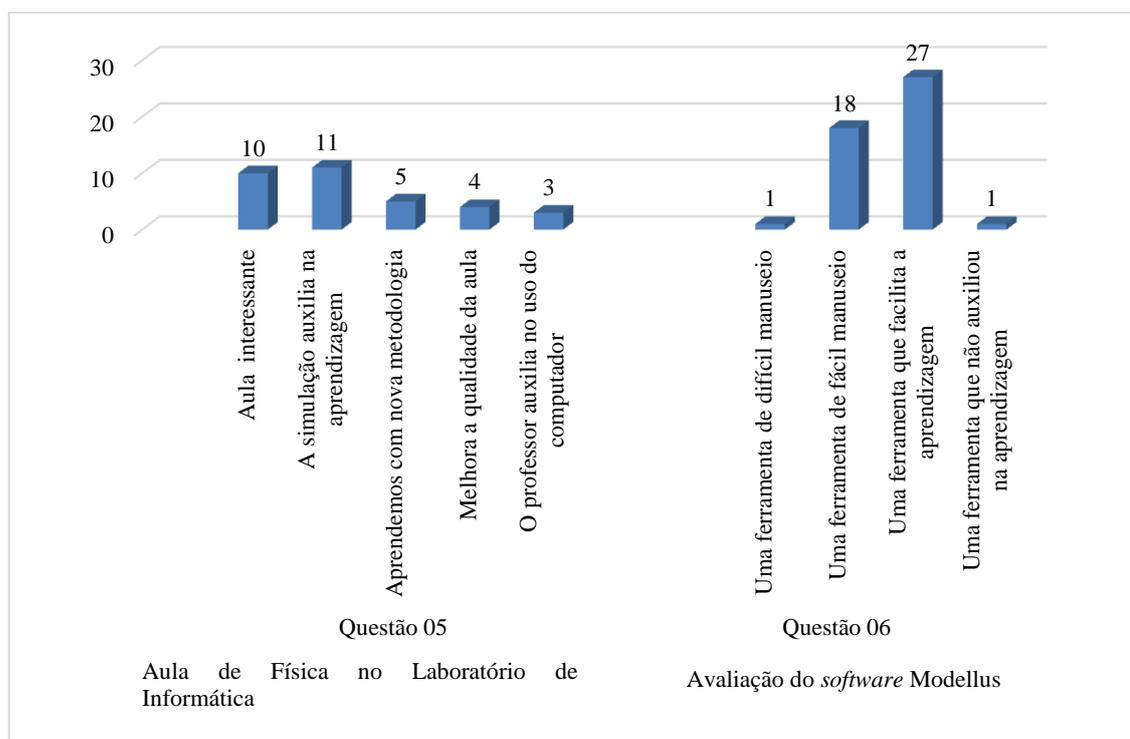
**Fonte:** Autor da pesquisa, 2018.

Na perspectiva do computador como ferramenta facilitadora do ensino e do *software* Modellus como promotor da aprendizagem, elaborou-se a questão quatro para tal perspectiva, que é a seguinte: *O estudo sobre oscilações, em destaque na SEI, facilita ou*

*dificulta a compreensão com a utilização de simulação? Justifique.* Os resultados evidenciam que 90,90% dos alunos consideram a ferramenta como facilitadora do processo de aprendizagem; dentre eles destacamos o fato de 72,72% afirmarem que a simulação facilita as justificativas para os fenômenos físicos investigados. A minoria diz que a ferramenta é útil, mas que o aluno deve praticar seus estudos e que esta auxilia a compreender as definições físicas. Nesse mesmo questionamento, três alunos disseram que a ferramenta dificulta a aprendizagem. Eles justificaram que a partir do Modellus, a compreensão do fenômeno se tornou ainda mais complicada.

Quanto às aulas de Física no Laboratório de Informática, fizemos a seguinte pergunta: 5) *O que você achou das aulas de Física no Laboratório de Informática usando o Software Modellus no desenvolvimento da SEI? Justifique.* O questionamento cinco disponível no Gráfico 26, revela que 30,31% dos alunos consideraram as aulas interessantes, 33,33% disseram que a simulação computacional auxilia bastante na aprendizagem, 15,15% afirmam que aprenderam Física com uma nova metodologia, 12,12% consideram que houve uma melhora na qualidade da aula e 9,09% dos alunos afirmam que o professor auxilia melhor no uso do computador como ferramenta de ensino.

**Gráfico 26** – Aplicação da SEI no Laboratório de Informática mediante o uso do *Software Modellus*.



Fonte: Autor da pesquisa, 2018.

Na sexta e última questão, sugerimos quatro opções para os alunos sinalizarem sua opinião, sendo que eles poderiam assinalar mais de uma opção. Assim, todos os trinta e três alunos sinalizaram que o programa é uma ferramenta de fácil manuseio e facilita o aprendizado. Quanto ao manuseio do *software* usado pelos alunos, a pergunta direcionada foi: 6) *Como você avalia o software Modellus perante o desenvolvimento da SEI?* O Gráfico 26 nos informa que 81,81% dos alunos afirmam que esta ferramenta facilitou sua aprendizagem, em seguida 54,54% dos alunos consideraram a ferramenta de fácil manuseio e 6,06% dos alunos afirmaram que a ferramenta é de difícil manuseio e não auxilia na aprendizagem. Diante do que fora descrito, acreditamos que a investigação propiciou o surgimento de duas condições que Moreira (2011a) aponta como necessárias para a ocorrência da aprendizagem significativa. A primeira que é a de que o material de aprendizagem mostrou-se ser potencialmente significativo para os alunos e a outra que possibilitou que os alunos despertassem uma predisposição para aprender. Nesse sentido, estamos de acordo com Araújo (2002) ao afirmar que há um interesse natural dos alunos em usar os microcomputadores, e isso influencia de forma positiva na aprendizagem do conteúdo abordado pelo professor.

Nesse sentido, consideramos que o *software* educativo Modellus estabeleceu habilidades que colocam o computador como ferramenta facilitadora do ensino e aprendizado juntamente com a participação do professor nesse processo, pois possibilitou a construção do conhecimento por meio da interação aos alunos submetidos ao tratamento da pesquisa.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos uma proposta didática como prática pedagógica para o ensino e aprendizagem do oscilador harmônico simples e de sua contextualização com o cotidiano dos alunos. Para tanto, desenvolveu-se duas sequências de ensino investigativas que utilizam o *software* educativo Modellus. A escolha pelo *software* foi baseada no fato de muitos pesquisadores envolvidos no ensino das Ciências Exatas o terem utilizado e também porque ele tem se mostrado bastante promissor para a aprendizagem dos estudantes em conteúdos de Física.

Os resultados das duas SEIs revelaram o quanto os alunos melhoram seus aprendizados no assunto de investigação proposto. Pois, quando analisamos o nível de aprendizagem após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, detectamos que não havia um desenvolvimento a contento dos subsunçores necessários para o aluno ter compreensão dos temas propostos. A partir dessas informações, criamos a estratégia do organizador prévio. Essa estratégia possibilitou o alcance do objetivo da pesquisa, pois a partir dela que foi possível fornecer a ligação entre as ideias que não são familiares nos estudantes com aquelas que ainda serão desenvolvidas. Para que tais conhecimentos básicos fossem desenvolvidos, ministramos aulas tradicionais e observamos que houve um certo avanço na aprendizagem dos conceitos adquiridos referentes ao tema a ser trabalhado. Quando aplicamos as atividades no laboratório de informática a partir de simulações computacionais, os avanços foram ainda mais significativos.

Os resultados obtidos foram animadores perante a metodologia aplicada, em que destaque, principalmente, a maneira sistematizada como transcorreu todo o desenvolvimento da prática pedagógica, e se observou na sala de aula uma crescente participação dos estudantes na construção de sua aprendizagem. Pois, o resultado positivo demonstrou que a metodologia aplicada é viável, mas que precisa de uma carga horária maior no seu desenvolvimento de sala de aula. Atualmente, os professores de Física das escolas de Ensino Médio do Maranhão possuem uma carga horária irrisória para trabalhar os conteúdos de física na primeira e segunda série. Nessas duas séries do Ensino Médio, os professores contam com apenas duas aulas semanais para desenvolver seus conteúdos e objetivos; o ideal seriam três aulas semanais para que uma metodologia diferenciada com esta demandasse menos tempo para ser aplicada junto aos alunos.

Quanto à meta de apresentar propostas para a utilização dos *softwares* educacionais pelos docentes da educação básica, as sequências às quais os alunos envolvidos foram submetidos – mostraram-se satisfatórias para o ensino do oscilador harmônico simples. Pois, notou-se o entusiasmo destes perante a metodologia de ensino proposta na pesquisa, fato não muito expressivo quando os alunos foram submetidos a aulas tradicionais expositivas. Assim, acreditamos que a proposta das sequências pode ser usada em unidades de ensino que apresente infraestrutura mínima com laboratórios de informática e outros recursos multimídias necessários para enriquecer uma aula.

No que se refere à possibilidade de desenvolver por meio da modelagem computacional novas habilidades na resolução de problemas de Física utilizando o *software* educativo Modellus, mostramos que os modelos computacionais propostos para a investigação, de um modo geral, são bem sucedidos. Pois presenciei alunos em busca das respostas que não estavam explícitas diretamente no modelo computacional que solucionaria as questões da sequência. Tais soluções quase sempre tinham relação com a aplicação das equações, contudo, houve momentos em que as respostas foram apresentadas por meio de raciocínio dedutivo, aplicações de definições matemáticas e também em textos descritivos, argumentativos e informativos.

Em relação à discussão acerca da possibilidade dos *softwares* educacionais serem utilizados enquanto recursos didáticos no ensino de Física, apresento alguns pontos positivos registrados durante a aula expositiva e principalmente no laboratório de informática: a) a interação entre os alunos durante a construção dos conhecimentos a respeito dos conceitos em oscilações; b) o engajamento dos alunos nos processos de ensino e de aprendizagem; c) evidências de compartilhamentos de significados entre os alunos-*software* e professor-alunos durante a execução das propostas, visto que os alunos realizaram perguntas além daquelas previstas nas sequências, cujas respostas foram fornecidas a partir da utilização do *software* Modellus.

Ao concluir este estudo, verifiquei atitudes e posturas diferentes por parte dos alunos em relação à disciplina Física. No que tange à aprendizagem significativa, observou-se constantemente durante as atividades práticas desenvolvidas no laboratório de informática a predisposição deles em buscar e aprender com uma metodologia diferente.

## REFERÊNCIAS

- ALCARÁS, J. R. Mecânica quântica oscilador harmônico quântico. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1260883/mod\\_resource/content/2/2015\\_jose\\_renat\\_o\\_oscilador\\_harmonico.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1260883/mod_resource/content/2/2015_jose_renat_o_oscilador_harmonico.pdf)> Acesso em 09 de julho de 2017.
- ARAUJO, I. Um estudo sobre o desempenho de alunos de Física usuários da ferramenta computacional Modellus na interpretação de gráficos em Cinemática. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre; 2002.
- ARAUJO, I.S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos de Cinemática. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, vol. 26, n. 2, p. 179-184, 2004.
- AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- BACHELARD, G. : 1938, La formation de l'esprit scientifique, Vrin, Paris.
- BERNARDES, A. (2011). QUANTO ÀS CATEGORIAS E AOS CONCEITOS. São Paulo, pesquisador bolsista da FAPES (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo).
- BLANCO, E. & SILVA, B. (1993). Tecnologia Educativa em Portugal: conceito. Origens, evolução, áreas de intervenção e investigação. Acessado em: 10 de novembro de 2017 em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/521>.
- BRASIL. Lei nº 9.394 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>> Acesso em: 12 dez. 2018.
- CARVALHO, A.M.P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa. In: Carvalho, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo, Cengage Learning. 2013.
- CENNE, A. H. H.; TEIXEIRA, R. M. R. Retrato de uma experiência didática envolvendo tecnologias computacionais no ensino de Física térmica. Encontro Estadual de Ensino de Física. Atas. Porto Alegre. IF-UFRGS. 2007. Disponível em <<http://hdl.handle.net/10183/12959>> Acesso em: 08 de novembro de 2017.
- FELIPE, R.S.; FRAGA, P.U.S.; MARTINS, R.A. O uso de diferentes softwares livres aplicados à área de saúde na educação à distância – Uma revisão literária Péricles. Disponível em: <<http://ueadsl.textolivres.pro.br/blog/?p=1120>> Acesso em 09 de julho de 2017.
- GAVIRA, M. O. Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento. São Carlos. 146p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.
- GRIFFITHS, D.J. Mecânica Quântica; tradução Lara Freitas; revisão técnica Marcelo Mulato – 2. ed. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

HALLIDAY, D. Fundamentos de Física, Volume 1: Mecânica/ David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. – 10. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HALLIDAY, D. Fundamentos de Física, Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica/ David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. – 10. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEINECK, R., & VALIATI, E. R. A. (2008). Ensino de física mediado através de softwares educacionais – relato de uma pesquisa, 95–101.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/pinheiro/panorama> > Acesso em: 12 dez.2018.

IDEB. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica: Metas e evolução. Disponível em: < <http://ideb.inep.gov.br/resultado/> > Acesso em: 12 dez. 2018.

IDEB-QEDU. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica: Distribuição dos alunos por nível de proficiência. Disponível em: < <https://www.qedu.org.br/cidade/4684-pinheiro/proficiencia> > Acesso em: 12 dez. 2018.

JIMOYIANNIS, A. KOMIS, V. Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36, p. 183-204. 2001.

JORGE, L. Metodologia para Utilização de Aeromodelos em Monitoramento Aéreo. São Carlos, SP, 2002.

LEMKE, J.L. (1997) *Aprendendo a hablar ciencias: linguagem, aprendizagem y valores*, Paidós, Barcelona.

LOCATELLI, R.J., CARVALHO A.M.P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividade de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em ciências*. v.7, p.1-18, 2007

LOCATELLI, R.J., CARVALHO A.M.P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em ciências*. v.7, p.1-18, 2007

MÁRQUEZ, C., IZQUIERDO, M., ESPINET, M. Comunicación Multimodal en la Clase de Ciencias: El Ciclo Del Agua. *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.3, p. 371-386, 2003.

MENDES. E. S.; ALMEIDA, W. L. Uso do Software Modellus como ferramenta de apoio ao Ensino de Cinemática: um estudo de caso no Ifap. In: Congresso Norte Nordeste de pesquisa e Inovação, 2012, Palmas. Ciências, tecnologia e inovação: ações sustentáveis para o desenvolvimento regional. Disponível em: < <http://propi.iftto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/1439/1083> > Acesso em: 04 set. 2012.

MORAES, M. C. *Informática Educativa no Brasil: Uma história vivida, algumas lições aprendidas\**. PUC/SP, 1997.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. 2005.

\_\_\_\_\_, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa. In:\_\_\_\_\_. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. 1ªed. São Paulo: Livraria de Física. 2011a.

NOVAK, J.D. (1981). Uma teoria de educação. São Paulo, Pioneira. Tradução de M.A. Moreira do original A theory of education. Ithaca, NY, Cornell University Press, 1977.

PNUD, Ipea e FJP. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Disponível em: <[http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/pinheiro\\_ma#trabalho](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/pinheiro_ma#trabalho)> Acesso em: 12 dez.2018.

RAMOS, I. C. P. N. Construção de gráficos de Cinemática com o Software Modellus: Um estudo com Alunos do 11º ano de Escolaridade. Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ul.pt/handle/10451/5687>> Acesso em: 07 de Julho de 2017.

ROCHA, H. V da. Apresentação do projeto TIDIA e da nova versão do TelEduc. CAMERAWEB: servidor de conteúdo multimídia. Campinas : CCUEC-UNICAMP, 24 abr. 2008. Disponível em:

SANCHO, J. Para uma tecnologia educacional. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

SOFFA, M. M., & ALCÂNTARA, P. R. de C. (2008). O uso do software educativo: reflexões da prática docente na sala informatizada. VIII congresso nacional de educação da PUCPR – Educere, 4923–4934.

TAROUCO, Liane; FABRE, Marie-Christine Julie Mascarenhas; TAMUSIUNAS, Fabrício Raupp. Reusabilidade de objetos educacionais. Revista Novas Tecnologias na Educação. Porto Alegre, p. 1-11. 2003.

TEODORO, V. D. Modelação computacional em Ciências e Matemática. Revista Brasileira de Informática na Educação. Uniandes - Lidie, Colombia. v.10 .n.2, p.171-182. 1997. Disponível em: <[http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-112586\\_archivo.pdf](http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-112586_archivo.pdf)> Acesso em: 02 set. 2017.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na educação. In:\_\_\_\_\_(Org.). Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação. São Paulo: UNICAMP, p. 1-28. 1995.

VALENTE, J. A. O computador na sociedade do conhecimento. In:\_\_\_\_\_(Org.). São Paulo: UNICAMP/NIED, 1999.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de Física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. Revista Brasileira de Ensino de Física. V.24, n. 2, p. 87-96. 2002.

VIGOTSKY, L.S. A Formação Social da Mente. São Paulo, Martins Fontes, 1984.

## **APÊNDICES**

**Apêndice A**  
**Questionários e testes**

### A.1 – Termo de consentimento livre e esclarecido

Eu \_\_\_\_\_

portador(a) do RG \_\_\_\_\_, e minha profissão é: \_\_\_\_\_, estou sendo convidados(a) a participar de um estudo denominado “Softwares educacionais: uma proposta didática para o uso em sala de aula”, cujos objetivos são:

- a) investigar os conhecimentos prévios dos alunos em Física, em especial em oscilações.
- b) apresentar propostas para a utilização dos *softwares* educacionais pelos docentes da educação básica;
- c) discutir as possibilidades dos *softwares* educacionais serem utilizados enquanto recursos didáticos no ensino de física;
- d) desenvolver por meio da modelagem computacional novas habilidades na resolução de problemas de Física utilizando o *software* educativo Modellus.

Em resposta a um questionário aplicados aos alunos do Centro de Ensino Médio José de Anchieta.

A minha participação no referido estudo será no sentido de colaborar com aplicação de roteiros e atividades mediante os objetivos acima citado, bem como verificar se a partir delas há possibilidade de aprimoramento das metodologias aplicadas ao Ensino de Física.

Surgindo alguma pergunta que me leve a sentir desconforto e constrangimento, sou livre para, a qualquer momento, recusar-me a responder às perguntas que considero que possam ocasionar constrangimento de qualquer natureza. Recebi, os esclarecimentos necessários sobre os possíveis desconfortos decorrentes da atividade, levando-se em conta que é uma entrevista.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queria saber antes, durante e depois da minha participação.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo. Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu

consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e, se desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo.

Contudo, tendo sido orientado ao teor do aqui mencionado e compreendido a natureza e objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Titulo da pesquisa: Softwares educacionais: uma proposta didática para o uso em sala de aula.

Responsável pela Pesquisa: A pesquisa será desenvolvida por Joerbed dos Santos Gonçalves sobe orientação de Edson Firmino Viana de Carvalho. A apresentação do termo de adesão e consentimento será realizado por Joerbed dos Santos Gonçalves.

Justificativa da pesquisa: Quando se fala em educação no Brasil, reporta-se a um grande desafio e/ou problema social a ser enfrentado no Maranhão, e ao se olhar para a educação no interior do Estado esta realidade se faz presente de forma mais acentuada, e demasiadamente complicada.

As dificuldades educacionais em todas as áreas existem, mas, quando se trata das Ciências Naturais, em especial Física, a realidade educacional em todo país se agrava de forma substancial, pois, além da falta de profissionais da área e alunos motivados, péssimos salários e a falta de infraestrutura básica são uma constante no bojo educacional dessa respectiva área do conhecimento. Devemos ressaltar, também, a falta de mão de obra qualificada e em especial na área objeto de estudo deste trabalho.

Por intermédio de questionários e atividades práticas aplicadas aos alunos de Ensino Médio, analisaremos como os softwares educacionais poderão efetuar mudanças no processo de ensino aprendizagem do componente física.

Procedimentos e métodos: Os sujeitos participantes da pesquisa serão os alunos da turma 203 da segunda série do Ensino Médio do Centro de Ensino Médio (CEM) – José de Anchieta na cidade de Pinheiro – MA. Os alunos responderão um questionário com perguntas diretas e objetivas buscando informações a respeito do seu processo de formação do Ensino Fundamental ao Ensino Médio. As respostas dos questionários serão utilizadas somente pelo pesquisador responsável (Joerbed dos Santos Gonçalves) e pelo seu Orientador (Edson Firmino Viana de Carvalho). Os dados da pesquisa poderão ser divulgados em eventos de divulgação científica e/ou artigos de pesquisa, porém, os nomes dos entrevistados e dos licenciados que responderem aos questionários não serão divulgados.

Resultados e benefícios esperados: Refletir como o processo de ensino e aprendizagem nos Centros de Ensino Médio está em consonância com os instrumentos tecnológicos e sociais da atualidade. Avaliar e propor uma nova metodologia de Ensino que faça uso de novas ferramentas computacionais (softwares educacionais) para aprimorar e auxiliar no processo de ensino aprendizagem.

Participação na pesquisa: a participação é voluntária, sendo que os sujeitos de pesquisa podem desistir da participação a qualquer momento e, ao confirmarem a participação, eles receberão uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Riscos: O método de coleta de dados que será utilizado (questionário) já vem sendo utilizado regularmente por vários pesquisadores das universidades do país sem que tenham sido registrados riscos consideráveis para os participantes, consideramos que esta pesquisa apresentará possibilidade de risco desprezível.

Dados e Contato do Comitê de Ética em Pesquisa:

Avenida dos Portugueses S/N, Campus Universitário do Bacanga, Prédio do CEB Velho, PPPG, Bloco C sala 07 – São Luis/MA; Telefone: 3272-8708; e-mail: cepufma@ufma.br ou profis47@ufma.br.

Pesquisador responsável

Joerbed dos Santos Gonçalves

\_\_\_\_\_

Assinatura

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Data

Voluntário (a) Participante da Pesquisa

\_\_\_\_\_

Nome

\_\_\_\_\_

Assinatura

## A.2 – Questionário de perfil

Informações para o(a) participante:

Você está convidado(a) a responder este questionário que faz parte da coleta de dados da pesquisa “Softwares educacionais: uma proposta didática para o uso em sala de aula”. Sob responsabilidade do pesquisador Prof. Joerbed dos Santos Gonçalves, professor desta unidade de Ensino, José de Anchieta, e aluno de Pós-Graduação da Universidade Federal do Maranhão. Contamos com a sua colaboração!

1. Nome: \_\_\_\_\_

2. Endereço:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. sexo:        (        ) Masculino        (        ) Feminino

4. Idade: \_\_\_\_\_

5. Você tem alguma profissão?

(        ) Sim        (        ) Não

6. Cursou o Ensino Fundamental em escola:

(        ) Pública (        ) Privada (        ) Parte em uma e parte em outra.

7. Durante o Ensino Fundamental você sempre teve professor de matemática licenciado em matemática:

(        ) Sim        (        ) Não

Se a resposta acima for NÃO, identifique em que série e qual a formação do professor?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8. Durante o Ensino Fundamental você teve dificuldade em Matemática.

(        ) Sim (        ) Não

Se a resposta acima for SIM, você saberia justificar o motivo?

---

---

9. Durante o Ensino Médio você teve e/ou tem dificuldade em Matemática.

(     ) Sim (     ) Não

Se a resposta acima for SIM, você saberia justificar o motivo?

---

---

10. Como avalia sua habilidade em matemática?

(     ) Excelente (     ) Boa (     ) Regular (     ) Ruim

(     ) Outros \_\_\_\_\_

11. Durante o Ensino Fundamental você teve dificuldade em Ciências Físicas?

(     ) Sim (     ) Não

Se a resposta acima for SIM, você saberia justificar o motivo?

---

---

12. Durante o Ensino Médio você tem dificuldades em Ciências Físicas?

(     ) Sim (     ) Não

Se a resposta for SIM, você poderia justificar o motivo?

---

---

13. Você já usou o Laboratório de Informática da sua escola para estudar algum conteúdo de Ciências?

(     ) Sim (     ) Não

Se a resposta for NÃO, você saberia justificar?

---

---

14. Você já estudou conteúdos de Física usando algum software educacional?

(     ) Sim (     ) Não

Se a resposta acima for SIM, você pode citar o nome software (programa)?

---

15. Você acredita que pode aprender Física utilizando os recursos da informática?

(      ) Sim (      ) Não

Se a resposta acima for SIM ou NÃO, você saberia justificar?

---

---

16. Dentro dos conceitos da Física, marque aquele (s) que você estudou no Ensino Fundamental e Médio.

(      ) Velocidade (      ) Aceleração (      ) Calor (      ) Energia

(      ) Ondas (      ) Ótica (      ) Eletricidade

(      ) Não estudei nenhum conteúdo

### A.3 – Questionário conceitual de oscilações

1. O que você entende por oscilação?

---

---

2. O que significa uma oscilação?

---

---

3. Qual sua compreensão sobre o conceito de frequência?

---

---

4. Qual sua compreensão sobre o significado de frequência?

---

---

5. Para você, o que significa período de oscilação?

---

---

6. Descreva rapidamente o que significa força restauradora ou força de restituição.

---

---

7. Qual a sua compreensão a respeito da amplitude de um movimento oscilatório?

---

---

8. Qual a sua compreensão a respeito da oscilação de um sistema massa – mola?

---

---

9. Descreva rapidamente o significado de um oscilador Harmônico Simples.

---

---

10. Para você, o que significa um oscilador harmônico forçado?

---

---

11. Dê exemplo do seu cotidiano de um sistema de oscilação.

---

---

#### A.4 – Questionário de satisfação

Informações para o(a) participante:

Você está convidado(a) a responder esta pesquisa de satisfação que faz parte da coleta de dados da pesquisa “Softwares educacionais: uma proposta didática para o uso em sala de aula”. Sob responsabilidade do pesquisador Prof. Joerbed dos Santos Gonçalves, professor desta unidade de Ensino, José de Anchieta, e aluno de Pós-Graduação da Universidade Federal do Maranhão. Contamos com a sua colaboração!

1. Em sua opinião o Software Modellus ajudou você a resolver os problemas propostos na SEI referente ao tema oscilações?

(     ) Sim           (     ) Não

Justifique sua resposta.

---



---



---

2. Você acredita que o uso do computador torna a aula mais interessante? Justifique.

(     ) Sim           (     ) Não

---



---



---

3. Você consegue assimilar com maior facilidade as definições (equações ou fórmulas) que descrevem as situações propostas na SEI quando é utilizado o Software Modellus? Justifique sua resposta.

(     ) Sempre       (     ) Quase sempre           (     ) Não assimilo

(     ) assimilo as vezes

---



---



---

4. O estudo sobre oscilações, em destaque na SEI, facilita ou dificulta a compreensão com a utilização de simulação? Justifique.

- Facilita pouco       Facilita bastante       Dificulta muito  
 Dificulta pouco

---

---

---

5. O que você achou das aulas de Física no Laboratório de Informática usando o Software Modellus no desenvolvimento da SEI? Justifique.

---

---

---

6. Como você avalia o software Modellus perante o desenvolvimento da SEI?

- Uma ferramenta de difícil manuseio  
 Uma ferramenta de fácil manuseio  
 Uma ferramenta que facilita a aprendizagem  
 Uma ferramenta que não auxiliou na aprendizagem

## **Apêndice B**

### **Produto Educacional**